





37-2-40



BIBLIOTECA PROVINCIALE	
Armadio	37-2-40
	
Palchetto	
Num.° d'ordine	75

NAZIONALE	
B. Prov.	
R. BIBLIOTECA	VITT. EM. III
I	
1902	
NAPOLI	

B. Prov.

I

1902

LA LOI DES TEMPÊTES.

608107

DÉPOT DES CARTES ET PLANS DE LA MARINE.

N° 383

LA
LOI DES TEMPÊTES

CONSIDÉRÉE DANS SES RAPPORTS AVEC

LES MOUVEMENTS DE L'ATMOSPHÈRE,

PAR H. W. DOVE, E. R. S.,

Membre des académies d'Amsterdam, de Berlin, Boston, Genève, Göttingue, Leopoldina,
Londres, Moscou, Munich, Prague, Saint-Petersbourg, Upsala, Vienne, etc.;

AVEC DESSINS ET CARTES DES TEMPÊTES.

TRADUIT AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par A. LE GRAS, capitaine de frégate,

Officier de la Légion d'honneur, du Saint-Sauveur de Grèce, etc., etc.

PUBLIÉ SOUS LE MINISTÈRE

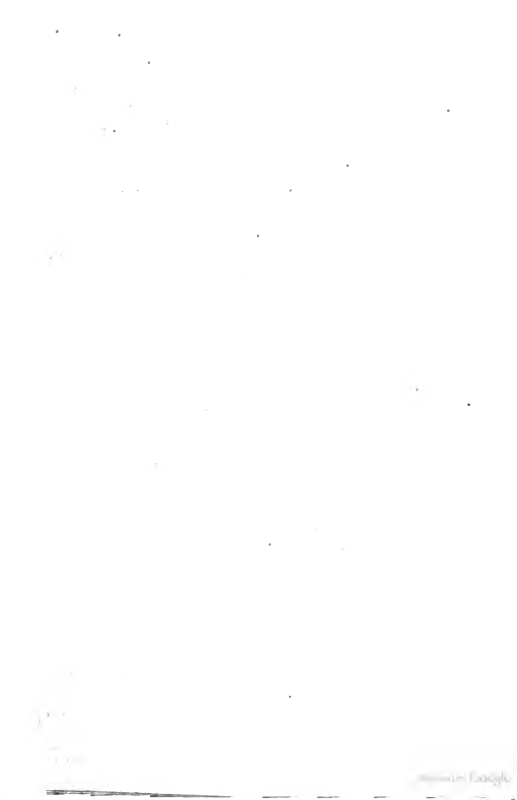
De S. Exc. le comte de CHASSELOUP-LAUBAY, Secrétaire d'Etat de la marine
et des colonies.

PARIS,

IMPRIMERIE ADMINISTRATIVE DE PAUL DUPONT,
RUE DE GRENNELLE-SAINT-HONORÉ, 45.

1864





AVERTISSEMENT.

Parmi les ouvrages qui traitent de la météorologie et de son application à la navigation, un des plus remarquables et des plus importants est sans contredit le livre du savant professeur Dove, de Berlin, intitulé *la Loi des tempêtes considérée dans ses rapports avec les mouvements ordinaires de l'atmosphère*. Nous croyons donc que les marins qui s'occupent de cette science nous sauront gré de leur faire connaître cet ouvrage que nous avons traduit avec le consentement de l'auteur. Les résultats des observations faites à Dorpat et à Toronto qui sont en appendice dans l'ouvrage du professeur Dove ont été placés dans le corps du livre pages 122 et 135. Les tables des rotations du vent pour les années 1859, 1860 et 1861 à Greenwich page 98, pour les Bermudes page 101, et pour Melbourne page 111, ont été ajoutées d'après le désir de l'auteur ainsi que les notes de MM. Burmeister, Bourgois et Fleuriot de Langle, concernant la rotation des vents dans l'hémisphère Sud.

Toutes les mesures ont été converties en millimètres, et les températures en degrés centigrades.

A. LE GRAS.

PRÉFACE DE L'AUTEUR.

Cette seconde édition de mon ouvrage a été si complètement remaniée et augmentée que j'ai cru devoir ajouter au titre primitif *la Loi des tempêtes*, les mots « considérée dans ses rapports avec les mouvements ordinaires de l'atmosphère », et de fait ces considérations générales forment toute la première partie de l'ouvrage. Pendant les trente-quatre années qui se sont écoulées depuis la publication de mes premiers travaux sur la Loi de Giration et le mouvement circulaire des tempêtes, j'ai cherché autant que possible à réunir à l'appui de mes théories les preuves empiriques dont je n'avais alors qu'un très-petit nombre. J'ai cité exactement toutes celles que j'ai pu trouver, et si j'en ai oublié quelques-unes, c'est que je ne les connaissais pas. Contrairement à l'habitude qui devient malheureusement trop fréquente de nos jours parmi les auteurs d'avancer comme étant leur propre découverte des faits connus depuis plus d'un siècle, et comme c'est le devoir de tout écrivain qui fait des recherches sur les mouvements de l'atmosphère, j'ai dit ce que cette science doit aux savants tels que Dampier, Halley, Hadley et Horsburgh. Les problèmes qui concernent l'atmosphère sont trop compliqués pour qu'on puisse les résoudre entiè-

rement de prime abord, et il restera toujours des questions que les premiers observateurs n'auront pas résolues.

La plus belle récompense que j'oserais ambitionner pour mes travaux serait d'être compté parmi les illustres savants que je viens de nommer.

H. W. DOVE, E. R. S.

Berlin, 10 juin 1861.

AU CONTRE-AMIRAL FITZ-ROY.

CHER MONSIEUR,

Depuis le jour où vous m'avez conduit dans les magnifiques arsenaux de la Grande-Bretagne, j'ai reçu de si nombreux témoignages de votre bon souvenir que je viens vous prier de vouloir bien agréer la dédicace de la seconde édition de mon ouvrage, en reconnaissance de ce que vous avez bien voulu faire traduire en anglais la première édition et y introduire d'importantes additions sous votre direction.

H. W. DOVE, E. R. S.

TABLE DES MATIÈRES.

LA LOI DES TEMPÊTES.

INTRODUCTION.

	PAGES.
<u>Vents ordinaires et tempêtes tournantes.....</u>	<u>1 à 3</u>
<u>Influence de la rotation de la terre sur la direction du vent</u>	<u>4 à 13</u>

I. — LES VENTS PERMANENTS.

<u>1. — Les vents alizés inférieurs, leur limite dans les deux</u> <u>hémisphères.....</u>	<u>14 à 32</u>
<u>2. — Le vent alizé de retour supérieur.....</u>	<u>33 à 39</u>

II. — LES VENTS PÉRIODIQUES ANNUELS.

<u>1. — Les moussons des Indes Orientales.....</u>	<u>40 à 45</u>
<u>Il faut en chercher la cause dans la rarefaction de l'air</u> <u>sur l'Asie centrale en été.....</u>	<u>46 à 61</u>
<u>2. — Les moussons Ouest de la ligne.....</u>	<u>62 à 63</u>
<u>3. — Les déviations latérales de l'alizé.....</u>	<u>64 à 68</u>
<u>Aperçu général du vent dans la zone torride.....</u>	<u>69 à 71</u>

III. — LES VENTS VARIABLES.

<u>Considérations générales.....</u>	<u>71 à 72</u>
--------------------------------------	----------------

1. — Les courants qui se déplacent alternativement à chaque station.....	73 à 80
2. — La loi de giration dans l'hémisphère Nord.....	81 à 102
3. — La loi de giration dans l'hémisphère Sud.....	103 à 113
4. — Les variations des instruments météorologiques dépendant de la loi de giration.....	104 à 116
Le baromètre.....	117 à 131
Le thermomètre.....	132 à 133
L'hygromètre.....	134
Effet de la chute de la pluie ou de la neige sur les instruments.....	135 à 139
5. — Effet du mouvement du navire sur les observations de la loi de giration.....	140
Observations du commandant Lartigue.....	142 à 147
Courants à différents niveaux.....	148 à 151

LA LOI DES TEMPÊTES.

1. — Tempêtes de la zone torride, et leur étendue dans la zone tempérée.....	155 à 159
Preuve de l'existence du mouvement giratoire dans la tempête du 25 décembre 1821.....	160 à 169
Théories de Redfield et de Reid.....	170 à 174
Route des ouragans des Indes Occidentales.....	175 à 178
Origine des cyclones.....	179 à 181
Phénomènes des cyclones.....	182 à 212
Cyclone de juin 1839, Bengale.....	185 à 190
Ouragan du 2 août 1837, Antilles.....	191 à 194
Ouragan des Barbades, août 1831.....	196 à 202
Le grand ouragan, 10 octobre 1780, Antilles, etc.....	203 à 207
Tempête du 2 août 1837, Antilles.....	208
Tempête à la Verpillère, France.....	211
2. — Tempêtes provenant du conflit des courants à la limite extérieure de la zone de l'alizé.....	213
Janvier 1850.....	214 à 223
Décembre 1850.....	224
Hiver de 1855-56.....	225 à 235
Janvier 1818.....	236
Février 1823.....	239 à 241
Février 1861.....	242 à 244

TABLE DES MATIÈRES.

XIII

PAGES.

3. — Tempêtes produites par le choc de deux courants qui marchent dans des directions contraires.....	245 à 254
Ondes atmosphériques.....	255
Considérations théoriques sur les tempêtes.....	257 à 260
Conclusions générales.....	261 à 269

RÈGLES PRATIQUES.

Région des vents alizés.....	271 à 281
Région des moussons.....	282 à 284
Zone tempérée Nord.....	285 à 295
Zone tempérée Sud.....	296
Zone froide.....	297
Conclusion.....	298
Index.....	403

PLACEMENT DES CARTES.

Carte 1. Tempête du 25 décembre 1821....	167
— 2. Ouragan des Indes Occidentales d'août 1837.....	174
— 3. Tempête à Maurice, mars 1809.....	174
— 4. Routes des ouragans des Indes Occidentales.....	175
— 5. Tempête du 3-5 juin 1839. baie du Bengale.....	185
— 6. Routes des typhons, mer de Chine.....	187

ERRATA.

Page 39, à la cinquième colonne, aux trois lignes
du bas, lisez :

762 97

9°,55'

1°,15

LA LOI DES TEMPÊTES.



INTRODUCTION.

L'air, mis en mouvement avec une vitesse modérée ou avec la vitesse de la tempête, peut conserver invariable sa direction première ou souffler successivement de différents points du compas. En parlant des courants atmosphériques, nous distinguons les vents permanents des vents variables; de même, dans le langage ordinaire, on distingue différentes classes de tempêtes : on appelle coups de vent (*gales*) celles dont la direction est constante; ouragans (*hurricanes* ou *cyclones*), c'est le nom que leur donne Piddington, celles qui ont un mouvement giratoire, et trombes les tempêtes tournantes dont le cercle est plus restreint.

En appliquant la *loi de giration*¹, dans ce qu'elle a de vrai, aux vents alizés (dont la direction est constante), aux moussons (dont la direction change périodiquement), et aux vents qu'on appelle variables et qui soufflent sous les latitudes plus élevées, on a été conduit à admettre un principe général et commun, que Hadley a employé le premier pour expliquer l'origine des vents alizés. Il est donc assez naturel de croire qu'il existe dans les plus violentes perturbations de l'atmosphère certaines conditions générales communes à toutes aussi bien dans leur origine que dans leur développement progressif, bien que les apparences qu'elles présentent puissent offrir des différences considérables. Au lieu de rechercher tout naturellement s'il y avait identité dans les causes originelles qui produisent ces phénomènes, on a voulu la trouver dans les phénomènes eux-mêmes.

¹ *Drehungsgesetz* (tourner, loi), loi du mouvement circulaire que décrit le vent. A défaut d'un mot qui puisse rendre exactement ce mot allemand, nous emploierons l'expression loi de giration, adoptée du reste déjà par les Anglais.

Cette erreur a soulevé des discussions très-animées, les uns soutenant que toutes les tempêtes sont des cyclones, les autres affirmant que le mouvement circulaire n'est jamais développé sur une grande échelle.

On croit, et c'est une erreur constamment réfutée, mais qui se reproduit souvent encore, que les phénomènes météorologiques de la zone tempérée ne sont que des modifications sur une échelle plus restreinte de ceux qui se produisent dans la zone torride; en réalité, la zone torride présente la forme la plus simple des phénomènes dont les caractères plus généraux se montrent sous les latitudes plus élevées. Cette assertion est surtout vraie si on l'applique aux mouvements de l'atmosphère aussi bien dans leur direction moyenne que dans l'accroissement extraordinaire de leur intensité que nous appelons tempête. Dans le premier cas, nous trouvons que la loi de giration est la règle générale que l'on observe dans les zones tempérées; tandis que les cas exceptionnels qui sont les alizés et les moussons sont particuliers à la zone torride. Dans le dernier cas, nous trouvons que l'on peut démontrer l'existence des coups de vent et des cyclones dans la zone tempérée, tandis que la classe des tempêtes tournantes prédomine sur une si grande échelle dans la zone torride que l'autre classe devient comparativement insignifiante auprès d'elle. Une théorie générale du vent fera comprendre comment les causes premières qui affectent toute l'atmosphère peuvent produire exclusivement certains effets définis et exceptionnels dans la zone torride.

Si nous cherchons dans combien de cas une girouette exposée à l'action de l'air en mouvement pourra conserver une direction invariable, nous trouverons qu'il en existe trois.

1. Lorsque l'air se précipite de tous les côtés vers un point fixe, où il monte, ou lorsque partant d'un point fixe il se dirige vers tous les points de l'horizon, où il descend¹.

¹ Les brises de terre et de mer que l'on ressent sur les petites îles des climats

2. Quand l'air tourne autour d'un point fixe, de gauche à droite ou de droite à gauche. Dans ce cas, la direction de la girouette, au lieu de l'observation, indique la tangente au tourbillon, qui existe à ce point fixe; tandis que dans le premier cas, elle correspond à un rayon le long duquel le flux et le reflux de l'air se produisent.

3. Lorsque de grandes masses d'air se meuvent d'un point de la surface de la terre à un autre point, et que par conséquent chaque partie isolée se meut sur des routes rectilignes parallèles. Dans le premier cas, que nous venons d'énoncer, les routes sont des lignes droites divergentes et convergentes; tandis que dans le second, ce sont des cercles concentriques. Le troisième cas de mouvement, soit celui sur des routes rectilignes parallèles, ne peut se produire que dans les conditions suivantes :

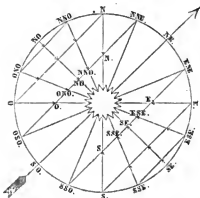
a. Si les points d'où l'air part et où il arrive sont sur la même latitude, aucun changement dans la distance qui les sépare, ou dans la vitesse du vent, ne pourra avoir d'effet sur la girouette, c'est-à-dire que la direction de la girouette est invariable, quelque changement qui puisse se produire dans l'étendue en longitude ou dans la vitesse du courant (d'après Hadley).

b. Si d'un autre côté la latitude, et par conséquent la vitesse

chauds où il n'y a pas de vent dominant sont un exemple de ce fait. Si pendant le jour la terre acquiert une température plus élevée que la mer, l'air qui est en contact avec elle monte, et l'air plus froid de la mer se précipite sur la terre en passant en dessous. L'air froid descend sur la surface de la mer, comme cela a lieu à l'ombre d'un nuage qui traverse le ciel dans un jour chaud de l'été. Pendant la nuit, la terre perd plus rapidement que la mer la température qu'elle a acquise, de sorte que la surface de la dernière devient à la fin plus chaude que celle de la terre, et il s'établit un contre-courant de la terre vers la mer. Ce mouvement circulaire qui s'effectue dans un plan vertical peut être comparé à la révolution d'une roue. S'il n'y avait pas de différence de température, il n'y aurait pas de mouvement; s'il y a différence de température, il y a forcément mouvement, d'abord dans une direction, puis dans une autre. Il y a chaque jour deux périodes de repos aux moments où la direction de la rotation change.

de rotation de la surface avec laquelle l'air est en contact, n'est pas constante, la girouette peut conserver sa direction invariable, à la condition seulement que l'intervalle entre les points extrêmes de sa course restent invariables, et qu'en même temps sa vitesse ne varie pas.

Les cas dans lesquels la girouette change de direction sont au nombre de trois également :

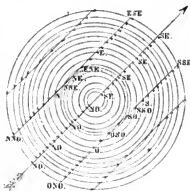


1° Lorsque le point vers lequel le vent se dirige, ou duquel il est parti, change de position. Si (voir la fig.) nous supposons que ce point se meuve du S. O. au N. E., nous trouvons qu'au centre du cercle, le vent, après un espace de calme, tourne du N. E. au S. O.; à droite de la ligne du centre, il

tourne de l'E. N. E. au S. O. par l'E., et à gauche de cette même ligne, du N. N. E. à l'O. S. O. par l'Ouest. Dans chaque cas, la quantité dont il change diminue comme la distance au centre augmente. Le même raisonnement peut s'appliquer aux vents qui divergent d'un point central, si nous nous rappelons que les directions du vent dans ce cas sont diamétralement opposées à celles du cas que nous venons d'examiner.

2° Quand le point autour duquel l'air tourne change de position. Si la masse d'air, tournant de droite à gauche, dans une direction contraire à celle des aiguilles d'une montre, se meut du S. O. au N. E., le lieu de l'observation passera successivement par les points d'intersection d'une ligne droite avec les cercles concentriques du cyclone qui passe dessus. Dans ce cas, les directions de la girouette représentent les tangentes à ces

cercles tirées aux points d'intersection (voir la fig.). Au centre, le vent tourne du S. E. au N. O.; à droite, il tourne du S. S. E. à l'O. N. O. par le S.; et à gauche, de l'E. S. E. au N. N. O. par l'Est. La direction dans laquelle a lieu le changement de chaque côté de la ligne passant par le centre est la même que dans le premier cas; mais les directions du vent diffèrent d'un angle de 90°



dans les deux cas. Si le cyclone tourne de gauche à droite, les directions du vent seront exactement renversées.

3^e Lorsque dans le cas d'un vent constant, la distance du point initial, ou la vitesse de la tempête est altérée.

On peut se rendre compte de l'effet produit par un changement de position du point initial du courant par les considérations suivantes.

La vitesse de rotation de chacun des points de la surface de la terre varie comme le diamètre de leur latitude; elle augmente conséquemment de zéro aux pôles à son maximum sur l'équateur. Si l'air est immobile, il participe de la vitesse de rotation de la partie du globe sur laquelle il se trouve; il en résulte que si une différence de température ou toute autre cause lui imprime une tendance à se mouvoir dans une direction parallèle à l'équateur, son mouvement ne peut pas être affecté par la rotation de la terre, puisque les points de sa surface vers lesquels il se met ont exactement la même vitesse de rotation que ceux qu'il a quittés. Si, d'un autre côté, l'air est mis en mouvement par une cause quelconque des pôles vers l'équateur, il passe de points qui ont une vitesse de rotation moindre à d'autres qui ont une vitesse de rotation plus grande. En conséquence il se met avec une vitesse plus petite de l'O. à l'E. que les points avec lesquels il entre en contact; et il paraît par suite avoir un

mouvement dans une direction contraire, soit de l'E. à l'Ouest. La déviation du vent de sa direction première, sa vitesse de progression étant supposée invariable, sera d'autant plus grande que la différence de vitesse de rotation du point d'où il est parti et où l'observation est faite sera aussi plus grande; ou en d'autres termes, elle sera d'autant plus grande que la différence des latitudes des deux points sera plus grande. Il résulte de là que :

1. Dans l'hémisphère Nord, les vents qui sont Nord à l'origine tournent graduellement vers l'E. par le N. E.

Si nous prenons les points

$$\begin{array}{cccc} A & A' & A'' & A''' \\ B & B' & B'' & B''' \\ C & C' & C'' & C''' \\ D & D' & D'' & D''' \end{array}$$

placés de telle sorte que $A B C D$ soient tous sur le même méridien, A étant le point de station le plus Nord, D le plus Sud; et que $A A'$, etc., se trouvent sur le même parallèle de latitude, A étant le plus Ouest, et A''' le plus Est; si nous imaginons toute la masse d'air qui se trouve entre $A A'''$ et $D D'''$ mise en mouvement du N. au S. par une cause quelconque, nous trouverons que l'air de $C C'''$ atteint la latitude $D D'''$ sous forme de vent plus ou moins Nord; celui de $B B'''$ sous forme de N. E.; tandis que de $A A'''$ il y arrivera beaucoup plus dans la direction Est. *Dans ce cas un observateur placé par latitude $D D'''$ verra la girouette se mouvoir graduellement du N. vers l'E. par le N. E.*

2. Dans l'hémisphère Sud, les vents Sud à l'origine tournent graduellement par le S. E. vers l'E.

Si nous prenons comme ci-dessus les points

$$\begin{array}{cccc} d & d' & d'' & d''' \\ c & c' & c'' & c''' \\ b & b' & b'' & b''' \\ a & a' & a'' & a''' \end{array}$$

parmi lesquels ceux qui sont par la latitude $a a'''$ sont les plus Sud, et ceux qui sont par la latitude $d d'''$ les plus Nord,

un observateur placé par la latitude d d''' verra la girouette tourner graduellement du S. vers l'E. par le S. E.

Si dans l'un ou l'autre hémisphère, un vent d'E. a pris naissance comme il vient d'être dit ci-dessus, il conservera sa direction dans les latitudes $D D'''$ ou $d d'''$ sans être en aucune manière affecté par la rotation de la terre ¹.

Si la cause qui a produit un courant vers l'équateur continue à agir, le vent d'E. auquel elle a donné naissance s'interposera et retardera le courant. Par suite de ce retard, l'air atteindra promptement la vitesse de rotation des points avec lesquels il est en contact, et il passera à l'état de repos relatif eu égard à ces points. Une tendance constante de l'air à se diriger vers l'équateur reproduira donc précisément les phénomènes dont nous venons de nous occuper.

Si maintenant nous supposons le cas de l'apparition de courants équatoriaux, après que des courants polaires auront prédominé pendant un certain temps; dans l'hémisphère Nord, l'effet du courant équatorial, agissant comme vent du S., fera dévier le courant polaire qui était devenu plus ou moins Est dans une direction E., S. E., S.; dans l'hémisphère Sud, agissant comme vent du N., il fera dévier le courant polaire, qui comme l'autre était devenu plus ou moins Est, dans une direction E., N. E., N.

En définitive, dans la latitude $D D'''$, et dans l'hémisphère Nord, le changement que l'on observera dans le vent sera N., N. E., E., S. E., S.

¹ FERREL, *The Motions of Fluids and Solids relative to the Earth's Surface; comprising Applications to the Winds and the Currents of the Ocean.* New-York, 1860, page 25. « Dans quelque direction qu'un corps se meuve sur la surface du globe, il y a une force provenant de la rotation de la terre qui le fait dévier à droite dans l'hémisphère Nord et à gauche dans l'hémisphère Sud. » Cette extension du principe de la théorie d'Hadley conduit aux mêmes conclusions que cette théorie elle-même dans le cas de tous les phénomènes qui sont traités dans cet ouvrage. Si nous prenons en considération les composantes de la force motrice qui résulte des mouvements dans la direction des parallèles de latitude, la conclusion que nous avons tirée relativement au changement de direction du vent sera applicable à tous les vents, y compris les vents d'E. et d'O.

Dans la latitude $d\ d''$ et dans l'hémisphère Sud, ce changement sera exactement l'inverse, soit S., S. E., E., N. E., N.

L'air qui se dirige de l'équateur vers les pôles se meut de points qui ont une vitesse de rotation plus grande vers d'autres qui ont une vitesse moindre de rotation vers l'E.; il en résulte que :

3. Dans l'hémisphère Nord, un vent de S. à mesure qu'il avance tourne graduellement par le S. O. vers l'O.

4. Dans l'hémisphère Sud, un vent de N. à mesure qu'il avance tourne graduellement par le N. O. vers l'O.

Si nous prenons les points

$$\begin{array}{cccc} D & D' & D'' & D''' \\ E & E' & E'' & E''' \\ F & F' & F'' & F''' \\ G & G' & G'' & G''' \end{array}$$

dans l'hémisphère Nord, de telle sorte que ceux qui sont par les latitudes $G\ G'''$ soient les plus Sud, nous verrons comme ci-dessus que si toute la masse d'air renfermée entre les latitudes DD''' et $G\ G'''$ est mise en mouvement du S. vers le N., un observateur placé par latitude $D\ D'''$ recevra le vent de $E\ E'''$, sous forme de vent de S. environ; le vent de $F\ F'''$ plus au S. O.; et celui de $G\ G'''$ presque comme des vents d'O.

Egalement si nous prenons les points

$$\begin{array}{cccc} d & d' & d'' & d''' \\ e & e' & e'' & e''' \\ f & f' & f'' & f''' \\ g & g' & g'' & g''' \end{array}$$

dans l'hémisphère Sud, de telle sorte que ceux qui sont par la latitude $g\ g'''$ soient les plus Nord, et ceux en $d\ d'''$ les plus Sud, nous verrons que si l'air qui est entre $d\ d'''$ et $g\ g'''$ est mis en mouvement du N. vers le S., un observateur en $d\ d'''$ recevra le vent de $e\ e'''$ presque comme des vents du N.; celui en $f\ f'''$ plus au N. O.; et celui en $g\ g'''$ presque comme des vents d'O.

Un vent d'O. dans les deux hémisphères s'entre-choquera avec les courants équatoriaux forts et les placera dans un état d'immobilité relative. Si la tendance de l'air à se porter vers le pôle continue, les phénomènes que nous avons décrits ci-dessus se répéteront jusqu'à ce que de nouveaux courants polaires changent le vent d'O., dans l'hémisphère Nord, par le N. O. vers le N., et dans l'hémisphère Sud par le S. O. vers le S.

On aura ainsi :

Pour l'hémisphère Nord le changement S., S. O., O., N. O., N.

Pour l'hémisphère Sud, le changement N., N. O., O., S. O., S.

Nous pourrions déduire les lois suivantes des considérations ci-dessus :

A. Dans l'hémisphère Nord, quand les courants polaires et équatoriaux se succèdent l'un à l'autre, le vent tourne en général autour du compas dans la direction S., O., N., E., S. Les exceptions à cette règle sont plus fréquentes entre le S. et l'O. et entre le N. et l'E. qu'entre l'O. et le N. ou entre l'E. et le S.

B. Dans l'hémisphère Sud, quand les courants polaires et équatoriaux se succèdent, le vent tourne en général autour du compas dans la direction S., E., N., O., S. Les exceptions à cette règle sont plus fréquentes entre le N. et l'O. et entre le S. et l'E. qu'entre l'O. et le S. ou entre l'E. et le Nord. *C'est ce phénomène que j'ai appelé LOI DE GIRATION.*

On peut considérer les vents alizés et les moussons comme étant un cas particulier de cette loi. Dans la zone torride, le seul courant atmosphérique que l'on ressent à la surface de la terre est le courant polaire; il en résulte que l'on ne peut jamais y observer de changement de vent faisant le tour complet du compas. La déviation de la girouette y est proportionnelle à la distance du point d'observation au point initial du courant, et elle n'est modifiée dans les différentes saisons, et dans une certaine étendue, que par le changement de position de ce point initial. La preuve la plus évidente que l'on puisse donner de cette assertion, c'est le vent alizé de N. E. de l'hémisphère Nord. Nous trouvons cependant que, par l'effet de la prépondérance de la terre dans l'hémisphère

Nord, la zone de température maximum du globe, dans laquelle l'air échauffé s'élève, ne coïncide pas avec l'équateur, mais tombe dans l'hémisphère Nord. Cette zone est l'espace entre les tropiques vers lequel les courants polaires des deux hémisphères se précipitent; conséquemment les vents alizés du S. E. traversent la ligne et entrent dans l'hémisphère Nord. Au commencement de sa course, le vent se meut sur des points dont la vitesse de rotation de l'O. à l'E. va constamment en augmentant; lorsqu'il entre dans l'hémisphère Nord, il passe sur des points dont la vitesse de rotation diminue continuellement, et par suite le courant polaire est changé en un courant équatorial. Le vent qui dans le principe avait pris une direction plus Est tourne au S. par le S. E., et peut finalement devenir S. O. La configuration de la terre autour de l'océan Indien produit ce phénomène sur la plus grande échelle. Dans cette partie du globe, les alizés du S. E. deviennent mousson du S. O. et entrent dans l'hémisphère Nord pendant notre été; l'alizé du N. E. devient mousson du N. O. et entre dans l'hémisphère Sud pendant notre hiver.

Un courant équatorial ne peut se changer en courant polaire que lorsqu'il passe sur le pôle, de telle sorte que sa déviation, qui dans la première partie de sa course était Ouest, devienne ensuite Est. Mais nous n'avons pas encore d'observations qui nous permettent de vérifier nos conclusions relativement à ce phénomène.

Si l'air qui est immobile sur un parallèle de latitude pouvait être transporté instantanément sur un autre parallèle, nous pourrions voir les résultats de la différence de vitesse de rotation entre ces deux points de la surface de la terre, et l'air qui était en contact avec elle se développer librement. Mais cet effet ne peut jamais se réaliser, parce que dans le passage de l'air d'un parallèle à un autre, la surface de la terre avec laquelle il est en contact a une tendance à lui imprimer sa propre vitesse de rotation par l'effet du frottement.

Dans le voisinage de l'équateur, les parallèles de latitude augmentent en diamètre moins rapidement que sous les latitudes plus élevées; et puisque dans les environs de la zone

échauffée, où l'air monte, la vitesse du vent est diminuée, la tendance de la surface de la terre à imprimer son mouvement à l'air avec lequel elle est en contact y est plus grande que partout ailleurs. On peut ainsi voir facilement pourquoi les vents alizés du N. E. ont une direction moins Est à leur limite intérieure qu'au centre de la zone des alizés. Dans la région des calmes, la vitesse de rotation de l'air est la même que celle de la surface de la terre ; et comme le changement dans la vitesse de l'air qui produit le calme ne peut pas avoir lieu tout d'un coup, il doit se faire selon les principes que nous venons d'exposer. Ce raisonnement ne peut pas s'appliquer au contre-courant alizé supérieur (alizé de retour) qui conserve sa vitesse équatoriale initiale de rotation invariable, jusqu'au moment où il descend à la surface de la terre. Comme dans ce cas le courant n'est pas en contact avec la terre, sa vitesse ne peut pas être modifiée par elle, et il est facile de voir que le frottement mutuel de deux courants atmosphériques est moindre que le frottement de l'air contre l'eau et beaucoup moindre que son frottement contre la surface du sol. Par des considérations semblables, nous voyons pourquoi les vents alizés peuvent prendre une forme mieux définie sur la surface plane et libre de la mer que dans l'intérieur des continents, et pourquoi le contre-courant alizé peut arriver à la terre avec une déviation considérable vers l'O., tandis que la région des calmes est limitée par des courants qui soufflent dans des directions presque diamétralement opposées.

La considération qui précède est totalement indépendante de la manière dont nous concevons le mouvement de l'air entre les latitudes précitées, soit qu'il ait été produit simultanément à tous les points d'un même méridien ou successivement par succion ou par impulsion. Il est également indifférent que les courants qui prennent naissance au N. ou au S. soient directement contraires l'un à l'autre, ou plus ou moins inclinés l'un vers l'autre, et vers le méridien.

On comprendra facilement l'influence de la vitesse du vent sur ces différents phénomènes au moyen de l'explication qui précède. Si l'air se meut lentement, la surface sur laquelle il passe lui imprime plus de sa propre vitesse de rotation que

s'il se meut plus rapidement. Il en résulte qu'une vitesse plus grande du vent produira une plus grande déviation de la girouette qu'une vitesse plus petite. Ce qui nous montre qu'un changement dans la vitesse du vent produit une déviation de la girouette.

Dans les recherches qui précèdent, il a été démontré que sous nos latitudes plus un courant Nord s'étend loin, plus il devient Est, et que par conséquent un vent de N. E. est un vent de N. venant de latitudes plus élevées que celui qui arrive N. jusqu'à nous ; et semblablement que le vent de S. O. est un vent de S. venant de latitudes plus basses que le vent de S. que nous ressentons. D'après cela nous serons disposés à admettre qu'une rotation de la girouette peut être une indication de l'existence d'un courant permanent. L'oubli constant de ce fait est la principale cause de la confusion qui existe et qui se reproduit constamment à nouveau quand on traite des questions qui se rattachent à la théorie du vent. La différence essentielle entre la rotation de la girouette produite par un courant atmosphérique ordinaire, et celle produite par un mouvement centripète ou par un mouvement circulaire dont le centre avance, est que, dans le premier cas, la rotation se fait toujours dans la même direction, tandis que dans le second, elle est contraire aux côtés opposés de la route du courant. Si dans l'hémisphère Nord, nous appelons la rotation S. O. N. E. comme c'est l'usage, « avec le soleil » ou *directe*, et la rotation dans la direction S. E. N. O. « contre le soleil » ou *rétrograde*, et dans l'hémisphère Sud la rotation S. E. N. O. « avec le soleil » et celle S. O. N. E. « contre le soleil »¹, nous trouvons que :

Les vents permanents font tourner la girouette dans le sens *direct* seulement, ou *avec le soleil*.

¹ Ceci est contraire à l'usage généralement répandu parini les marins qui se servent des mots *avec le soleil* pour exprimer la transition du vent de gauche à droite (sens dans lequel on cueille la glaine de blé) dans l'hémisphère Sud. L'expression *avec le soleil*, vraie pour le mouvement de gauche à droite dans l'hémisphère Nord où l'observateur voit le soleil se lever à l'E. et marcher de gauche à droite vers l'O., n'est plus vraie pour l'autre hémisphère.

Les cyclones ou vents centripètes, lorsqu'ils ont un mouvement progressif, produisent une rotation directe ou rétrograde selon la position du point de l'observation par rapport à la route du centre.

En définitive, l'interposition de deux courants permanents dont les directions sont différentes produit des rotations de deux sortes : savoir directe, lorsque au côté Ouest de la rose de vent un courant est déplacé par un courant plus Nord ; rétrograde, lorsqu'il est déplacé par un courant plus Sud. Au côté Est de la rose, au contraire, la rotation est directe lorsque le courant qui déplace est plus Sud que le premier ; rétrograde, lorsque le courant qui déplace est plus Nord. Des courants diamétralement opposés peuvent se détruire et produire du calme, ou le même phénomène que l'on observe au centre d'une série de courants centripètes ou au centre d'un cyclone ; soit des vents diamétralement opposés, séparés par une zone de calme.

Nous voyons donc que des conditions totalement différentes peuvent produire les mêmes apparences et que ce n'est que par un examen consciencieux de toutes les phases d'un phénomène que nous pouvons arriver à connaître chacun de ceux dont nous avons besoin dans le cas particulier qui nous occupe. Dans les recherches qui vont suivre, le baromètre est un des éléments les plus importants que nous ayons à notre disposition ; aussi nous observerons ses indications avec une attention toute spéciale.

I. Avant de commencer à discuter les tempêtes, nous examinerons plus étroitement les mouvements de l'atmosphère dans les différentes zones.

Nous trouvons, ainsi qu'il a été constaté ci-dessus, trois types de ces mouvements.

1° LES VENTS PERMANENTS : les vents alizés de la zone torride ;

2° LES VENTS PÉRIODIQUES : les moussons de l'océan Indien ;

3° LES VENTS VARIABLES : les vents des zones tempérées et des zones froides.

I. — LES VENTS PERMANENTS. — LES VENTS ALIZÉS.

1. — LE VENT ALIZÉ INFÉRIEUR.

Si un point quelconque d'un liquide est plus fortement chauffé que les autres, il se produit aussitôt des courants dans ce liquide, et les parties les plus froides se précipitent de tous les côtés vers le point échauffé. Le fluide est immobile¹ à ce point, parce que les courants contraires s'y sont équilibrés. La flamme d'une bougie brûlant sans faire aucun mouvement nous offre un des exemples les plus frappants de ce fait.

Si la terre était immobile et le soleil fixe sur un point de l'équateur, l'air de toutes les parties du monde se précipiterait vers ce point et les conditions de la flamme d'une bougie seraient alors remplies. Mais la terre tourne sur son axe ; par conséquent, au lieu d'un point échauffé, nous avons une zone de température maximum dans laquelle l'air est immobile. Cette zone sépare les régions des courants d'air froid Nord et Sud, chacun d'eux étant ainsi forcé d'accomplir son propre circuit.

Si nous admettons que la large moyenne de cette zone est invariable pendant toute l'année, et qu'elle se meuve avec le soleil dans un espace de $23^{\circ} 30'$ de chaque côté de l'équateur, nous la trouverons en juin sous le tropique du Cancer et en janvier sous celui du Capricorne. Conséquemment toutes les parties de la zone torride se trouveront pendant une partie de l'année dans les alizés du N. et pendant une autre partie dans ceux du Sud. Ces périodes seront séparées par des intervalles pendant lesquels il n'y aura pas de direction particulière du vent. Si l'on suppose que l'air se dirige vers le parallèle de latitude où le soleil est au zénith dans le moment, le vent, dans l'intervalle d'une année, soufflera de rumb directement opposés à tous les points sur lesquels le soleil passe deux fois par an. La durée des deux courants sera la

¹ Cette immobilité est relative et doit s'entendre dans le sens horizontal seulement. A. L. G.

même à l'équateur. Dans l'hémisphère Nord, le courant Nord durera plus longtemps, et le contraire aura lieu dans l'hémisphère Sud. La différence de durée des deux courants augmentera avec la distance à l'équateur. Aux tropiques il n'y aura qu'un courant interrompu par les calmes à l'époque du solstice. Nous pourrions ainsi obtenir à tous les points de la zone torride des *moussons* ou vents qui dépendent des saisons. La rotation de la terre pourra produire un effet sur ces derniers et nous pourrions avoir les vents ci-dessous aux différentes saisons, de chaque côté de l'équateur :

ZONE TORRIDE.

	Nord.	Sud.
Printemps.....	N. E.....	S. E.
Été.....	S. O.....	S. E.
Automne.....	N. E.....	S. E.
Hiver.....	N. E.....	N. O.

Dans les recherches qui précèdent, nous avons oublié de dire que la grandeur des masses d'air qui sont séparées par la région des calmes varie considérablement aux différentes saisons. Au solstice d'hiver, l'air de la zone torride est renfermé dans le circuit des alizés du N., et au solstice d'été dans le circuit de ceux du S.; de sorte que ce n'est qu'aux équinoxes que les quantités d'air sont égales dans chacun de ces circuits. Comme le rapport entre ces masses d'air varie avec les saisons, il viendra nécessairement mettre obstacle au mouvement régulier de la zone des alizés du N. et du Sud. Il est également nécessaire de rappeler que le circuit vertical des alizés ne se fait pas dans un espace d'une largeur uniforme, mais qui se rétrécit en cône vers les pôles. Nous pouvons considérer l'espace compris entre deux méridiens comme la section d'un prisme triangulaire isocèle dont la base a une température plus élevée que toutes ses autres parties. Par conséquent l'air qui s'élève de la base n'arrivera pas jusqu'au sommet, mais seulement à une des parallèles à la ligne de la base. Il est évident d'après cela que le phénomène des vents alizés n'embrassera pas tout un hémisphère, mais seulement la partie qui est voisine de l'équateur, et que les vents alizés auront des limites

intérieures et extérieures. Nous verrons plus loin que la position moyenne de l'endroit où les deux courants se rencontrent ne coïncide pas avec l'équateur, mais se trouve rejeté dans l'hémisphère Nord; et cela parce qu'à cause de la distribution inégale des parties terrestres sur la surface du globe, l'hémisphère Nord a une température moyenne plus élevée que l'hémisphère Sud. Le déplacement de la zone des vents alizés aux différentes saisons sera plus influencé par les conditions de la température dans la zone torride que par celles de toute la terre, puisque l'air qui est dans les parties qui sont éloignées de l'équateur n'est pas enfermé dans le circuit des vents alizés.

Nous allons examiner maintenant les observations diverses qui ont été faites, et nous en tirerons des conclusions importantes.

Dans l'ouvrage : « Distribution de la chaleur à la surface de la terre »¹, j'ai donné des tables de température moyenne pour la partie Nord de la zone torride; ces tables que je reproduis ci-dessous sont calculées pour chaque mois de l'année.

Latitude.....	0°	10°	20°	30°
Janvier.....	26° 37	25° 12	21° 12	14° 75
Février.....	26° 75	25° 87	22° 02	15° 50
Mars.....	27° 00	26° 50	24° 00	17° 62
Avril.....	27° 37	27° 25	26° 12	20° 12
Mai.....	28° 75	28° 37	27° 00	25° 12
Juin.....	29° 02	29° 25	27° 25	25° 12
Juillet.....	29° 87	29° 12	27° 02	25° 75
Août.....	29° 00	27° 12	27° 02	27° 00
Septembre.....	28° 12	27° 12	27° 00	27° 25
Octobre.....	26° 12	26° 75	26° 12	22° 75
Novembre.....	26° 50	26° 50	24° 62	18° 87
Décembre.....	26° 25	25° 75	22° 75	15° 57
Hiver.....	26° 50	25° 62	22° 12	15° 25
Printemps.....	27° 00	27° 00	25° 75	20° 25
Été.....	26° 12	27° 12	27° 50	20° 00
Automne.....	26° 25	26° 75	25° 87	22° 25
Année.....	26° 50	26° 62	25° 25	21° 00

¹ *Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde, etc.*, Reimer, Berlin, 1852, in-4°.

Si nous comparons avec cette table les latitudes de la limite intérieure des vents alizés, données par différentes observations, pour les océans Atlantique et Pacifique, nous trouverons les résultats suivants :

La limite Nord de la zone des calmes, c'est-à-dire la latitude à laquelle l'alizé du N. E. cesse dans les environs de l'équateur est, selon D'Après :

En janvier et mai.....	entre 6° et 4° latitude N.
février.....	entre 5° — 5° —
mars et avril.....	entre 2° — 5° —
juin.....	à 16° —
juillet, août et septembre.....	entre 15° et 14° —

Seller¹ assigne les limites ci-dessous aux vents alizés du N. E. pour l'année 1675, et il donne en même temps la direction de l'alizé du S. E. qu'il rencontra après avoir quitté la zone de l'alizé du N. E.

En janvier... }	4° N., limite où commencèrent les vents de S. E. et d'E.		
février... }			
mars... }			
avril.....	5° N., limite où le vent de S. E. a commencé.		
mai.....	6° —	S. E. un peu Sud.	
juin.....	8° —	S.	
juillet.....	10° —	S	
août... ..	11° —	S. un peu Ouest.	
septembre... ..	10° —	S.	
octobre.....	8° —	S. un peu Est.	
novembre ...	6° —	S. E.	
décembre....	5° —	S. E.	

D'après cela, nous voyons clairement que plus le vent alizé du S. E. s'avance au N. dans les latitudes Nord, après avoir traversé l'équateur, plus sa direction est modifiée du S. E. par le S. vers le S. O. C'est là une conséquence nécessaire de la diminution de la vitesse de rotation de la surface de la terre avec laquelle l'air est en contact. D'après Dampier, la direction du vent dans l'été entre l'équateur et 12° N. serait S. S. E., S. S. O. et S. O. Horsburgh, dans son *India directory*, vol. 1, p. 16, dit que l'alizé du S. E. à sa limite Nord a une direction

¹ Cité dans Horsburgh, *East India directory*, vol. 1, p. 26, 2^e édition.

presque Sud, surtout en juillet, août et septembre. Cette assertion est également vraie pour les autres mois. Si l'on descend plus au S., le vent est plus S. E. Basil Hall (*Fragments of Voyages and Travels*, seconde série, vol. 1, p. 189) s'exprime d'une manière tout à fait positive sur les vents du S. qui soufflent à la limite Nord des alizés du S. E. Il assure que la direction Est donnée ordinairement sur les cartes aux points où les alizés se rencontrent est absolument fausse; mais cette opinion, dit-il, est tellement enracinée que les jeunes officiers sont ordinairement très-étonnés de se trouver convaincus de cette erreur par leur propre expérience.

Horsburgh (vol. 1, p. 25) donne dans la table suivante les limites des alizés entre le 18° et le 26° degré de longitude O.

	LIMITE SUD de l'alizé N. E.	LIMITE NORD de l'alizé S. E.	LARGEUR de la zone intermédiaire.
Janvier.....	5° 45'	2° 45'	3° 0'
Février.....	6 »	1 15	4 45
Mars.....	5 8	1 15	3 45
Avril.....	3 45	1 15	4 30
Mai.....	6 30	2 45	3 45
Juin.....	9 »	3 »	6 »
Juillet.....	12 »	3 30	8 30
Août.....	13 »	3 15	9 45
Septembre.....	11 45	3 »	8 45
Octobre.....	10 »	3 »	7 »
Novembre.....	8 »	3 45	4 15
Décembre.....	5 30	3 15	2 15

Il en résulte pour les différentes saisons :

Hiver.....	5° 45'	2° 25'	3° 20'
Printemps.....	8 47	1 45	4 2
Été.....	11 20	3 15	8 5
Automne.....	9 55	3 15	6 40
Année.....	8° 12'	2° 20'	5° 52'

Cette table est le résumé des observations de 149 navires allant de l'alizé N. E. dans l'alizé S. E., et de 88 navires allant de l'alizé S. E. dans l'alizé N. E.; la latitude est N. .

Kerhallet donne dans la table suivante l'étendue des vents alizés dans l'océan Pacifique, résultat des observations de 92 navires (« Considérations générales sur l'océan Pacifique », 1856, p. 4) :

	LIMITE POLAIRE		LIMITE ÉQUATORIALE		LARGEUR de la région des calmes.
	de l'alizé N. E.	de l'alizé S. E.	de l'alizé N. E.	de l'alizé S. E.	
	Latitude N.	Latitude S.	Latitude N.	Latitude N.	
Janvier.....	21° 0'	33° 25'	6° 30'	5° 0'	3° 30'
Février.....	28 28	28 31	4 1	2 0	2 1
Mars.....	29 0	31 10	8 15	5 50	2 25
Avril.....	30 0	27 25	4 45	2 0	2 45
Mai.....	29 5	28 21	7 52	3 36	4 16
Juin.....	27 41	25 0	9 58	2 30	7 28
Juillet.....	31 45	25 28	12 5	5 4	7 1
Août.....	29 30	24 18	15 0	2 30	12 30
Septembre...	24 20	24 51	13 56	8 11	5 45
Octobre.....	26 6	25 27	12 20	3 32	8 48
Novembre...	25 9	24 39	» »	» »	» »
Décembre...	24 0	22 30	5 12	1 56	3 16

Nous voyons d'après ces tables que la position de la zone des calmes varie dans des limites plus étroites que celle de la zone de température maximum, soit qu'on la considère lorsqu'elle approche de l'équateur ou lorsqu'elle s'en éloigne. Nous rappellerons cependant que, sous toutes les latitudes, la température moyenne exerce une influence sur celle de toute la terre, tandis que la position de la zone des calmes n'est affectée que par celle de la zone des vents alizés.

Dans l'été, l'alizé du S. E. traverse la Ligne et s'étend sous forme de mousson du S. O. jusqu'au pied des monts Himalaya. Si nous admettons que ce soit là la limite intérieure de l'alizé

du S. E., il est évident que dans l'intérieur de l'Afrique il doit s'étendre jusqu'à la côte de Guinée. De fait, si l'on considère la mousson du S. O. de l'océan Indien comme une modification de l'alizé du S. E., on peut ainsi prouver que la limite Nord intérieure de ce vent s'étend plus loin dans le N. de l'équateur qu'il semblerait paraître si l'on ne considère que l'alizé lui-même. La correspondance entre la distribution de température et les zones des alizés serait en conséquence plus étroite qu'elle ne paraîtrait l'être si l'on ne tenait pas compte des moussons. Les mêmes causes affectent pareillement la limite Sud intérieure de l'alizé du N. E. dans le voisinage de l'équateur, puisque, pendant les hivers de l'hémisphère Nord, ce vent, dans l'océan Indien, atteint non-seulement l'équateur, mais le traverse et pénètre sous forme de mousson du N. O. dans l'hémisphère Sud. Nous n'avons pas encore assez de données pour déterminer son étendue dans cet hémisphère.

Maury assigne les limites extrêmes suivantes aux vents alizés dans l'océan Atlantique. Dans l'été, ce vent commence près des Açores, dans l'hiver au S. des îles Canaries :

LONGITUDE O.	LATITUDE DU COMMENCEMENT DE L'ALIZÉ N. E.			
	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.
70°	28°	28°7	29°3	29°
65	26.5	28	29.5	28.5
60	24	24.5	27.5	28.5
55	22	22.7	24.7	25
50	21	25.7	28.5	25.7
45	25	24.7	31.5	28.7
40	27.7	29.7	30.7	29.5
35	26	27.5	30.7	25.7
30	24.5	28.7	29.7	26.7
25	25.5	24.7	31.5	26.5
20	24.5	28.5	28.7	27
15	29	34	52	31.5
10	»	31.5	34.7	32

ÉTENDUE DE L'ALIZÉ EN MILES GÉOGRAPHIQUES.

LONGITUDE O.	HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	ANNÉE.
50°	274.5	280.5	285	285.5	281
45	304.5	319.5	340.5	295.5	315
40	375	415.5	325.5	500	354
35	385.5	400.5	325.5	244.5	339
30	334.5	405	287.5	270	325
25	330	330	310.5	225	300
20	304.5	364.5	264	250.5	296
15	346.5	370.5	"	"	"

Si on laisse un ballon libre de se mouvoir au vent, sa direction pourra se modifier souvent, mais néanmoins il se trouvera toujours, après un certain laps de temps, à une distance définie et dans une direction déterminée du point où il était lorsqu'il a commencé à se mouvoir. La formule de Lambert donne cette direction et l'étendue du mouvement, en admettant que 100 soit la distance que le ballon aurait parcourue, si son mouvement pendant toute la période avait eu lieu exclusivement dans cette direction.

Coffin (*Winds of the Northern Hemisphere*) a déterminé de cette manière la direction et l'intensité de l'alizé du N. E. dans l'océan Atlantique.

Coffin (a. a. O. p. 158) donne la table suivante pour ces directions :

22 LES VENTS PERMANENTS. — LES VENTS ALIZÉS.

RÉGION DES CALMES.

Latitude.....	0° — 5°	5° — 10°
Longitude.....	°	10° — 55°
Jours.....	3008	3339
Janvier.....	S. 81° 46' E.	N. 47° 5' E.
Février.....	N. 83 31 E.	N. 44 56 E.
Mars.....	N. 65 43 E.	N. 45 3 E.
Avril.....	N. 52 18 E.	N. 44 50 E.
Mai.....	S. 89 59 E.	N. 55 58 E.
Juin.....	S. 47 45 E.	S. 59 1 E.
Juillet.....	S. 37 17 E.	S. 7 1 E.
Août.....	S. 20 52 E.	S. 4 59 O.
Septembre.....	S. 20 15 E.	S. 8 26 O.
Octobre.....	S. 38 0 E.	S. 38 2 E.
Novembre.....	S. 58 28 E.	S. 82 15 E.
Décembre.....	S. 68 23 E.	N. 60 25 E.
Année.....	S. 60° 2' E.	N. 80° 32' E.

CÔTÉ EST DE LA ZONE DES VENTS ALIZÉS.

Latitude..	10° — 15°	15° — 20°	20° — 25°	25° — 30°	30° — 35°
Longitude...	15° — 45°	15° — 45°	15° — 45°	15° — 45°	15° — 45°
Jours.....	1850	1332	1354	1622	1749
Janvier.....	N. 53° 30' E.	N. 50° 42' E.	N. 64° 9' E.	N. 78° 26' E.	S. 46° 8' E.
Février.....	N. 54 41 E.	N. 46 48 E.	N. 56 50 E.	N. 45 35 E.	S. 2 47 E.
Mars.....	N. 55 51 E.	N. 49 29 E.	N. 26 2 E.	N. 80 19 E.	S. 27 53 E.
Avril.....	N. 56 44 E.	N. 49 28 E.	N. 45 0 E.	N. 79 39 E.	S. 1 29 O.
Mai.....	N. 49 14 E.	N. 45 50 E.	N. 48 54 E.	N. 67 30 E.	N. 88 32 E.
Juin.....	N. 55 0 E.	N. 42 8 E.	N. 48 49 E.	N. 42 48 E.	N. 50 9 O.
Juillet.....	N. 57 2 E.	N. 41 26 E.	N. 37 45 E.	N. 44 55 E.	N. 52 38 E.
Août.....	N. 49 18 E.	N. 40 49 E.	N. 42 1 E.	N. 53 11 E.	S. 76 15 E.
Septembre...	N. 46 6 E.	N. 54 14 E.	N. 51 8 E.	N. 62 36 E.	N. 14 40 E.
Octobre.....	N. 69 20 E.	N. 54 50 E.	N. 57 58 E.	N. 73 51 E.	N. 45 24 E.
Novembre...	N. 68 54 E.	N. 60 50 E.	N. 67 70 E.	N. 78 50 E.	S. 21 58 E.
Décembre...	N. 61 33 E.	N. 58 5 E.	N. 63 9 E.	N. 70 27 E.	S. 42 25 E.
Année... ..	N. 57° 25' E.	N. 49° 1' E.	N. 55° 20' E.	N. 62° 53' E.	S. 44° 27' E.

CÔTÉ OUEST DE LA ZONE DES VENTS ALIZÉS.

Latitude.....	10° — 15°	15° — 20°	20° — 25°	25° — 30°	30° — 35°
Longitude...	45° — 75°	45° — 80°	45° — 80°	45° — 80°	45° — 75°
Jours.....	602	1190	1573	2906	2564
Janvier.....	N. 55° 0' E.	N. 64° 24' E.	N. 65° 29' E.	N. 42° 50' E.	S. 80° 10' O.
Février.....	N. 52° 12' E.	N. 58° 25' E.	N. 75° 53' E.	N. 53° 7' E.	S. 79° 16' O.
Mars.....	N. 58° 14' E.	N. 67° 24' E.	N. 72° 35' E.	N. 74° 23' E.	S. 75° 19' O.
Avril.....	N. 59° 59' E.	N. 77° 27' E.	N. 82° 4' E.	N. 78° 31' E.	S. 49° 3' O.
Mai.....	N. 63° 8' E.	N. 68° 24' E.	N. 80° 4' E.	S. 63° 52' E.	S. 62° 43' E.
Juin.....	N. 51° 50' E.	N. 60° 20' E.	N. 80° 42' E.	S. 43° 17' E.	S. 22° 27' O.
Juillet.....	N. 60° 49' E.	N. 62° 25' E.	N. 78° 34' E.	S. 67° 2' E.	S. 8° 41' E.
Août.....	N. 65° 14' E.	N. 70° 38' E.	N. 72° 6' E.	S. 74° 51' E.	S. 7° 11' E.
Septembre...	N. 82° 29' E.	N. 83° 38' E.	N. 83° 0' E.	S. 81° 43' E.	S. 49° 8' E.
Octobre.....	N. 73° 52' E.	N. 83° 49' E.	S. 68° 49' E.	S. 69° 14' E.	N. 85° 7' E.
Novembre...	N. 57° 37' E.	N. 75° 48' E.	N. 79° 4' E.	N. 66° 16' E.	S. 84° 32' O.
Décembre...	N. 43° 38' E.	N. 61° 5' E.	N. 69° 52' E.	N. 70° 26' E.	N. 81° 21' O.
Année.....	N. 59° 55' E.	N. 68° 34' E.	N. 79° 23' E.	N. 79° 4' E.	S. 31° 35' O.

Dans la table suivante nous donnons les valeurs de l'intensité, en prenant 100 pour représenter cette intensité, si le vent a soufflé dans la direction déterminée sans interruption.

CÔTÉ EST DE LA ZONE DES VENTS ALIZÉS.

Latitude.....	0° — 5°	5° — 10°	10° — 15°	15° — 20°	20° — 25°	25° — 30°	30° — 35°
Janvier.....	53	65	85	75	38	19	12
Février.....	54	72	81	71	53	11	25
Mars.....	58	74	89	68	21	3	9
Avril.....	56	82	88	90	51	8	31
Mai.....	48	69	90	81	67	8	8
Juin.....	69	33	75	90	74	33	4
Juillet.....	82	45	42	99	85	67	22
Août.....	81	71	17	73	84	61	12
Septembre.....	79	58	23	76	71	33	15
Octobre.....	72	30	55	67	50	27	8
Novembre.....	80	53	78	78	53	20	29
Décembre.....	56	52	78	75	59	58	26
Année.....	85	54	66	77.5	68	26	10

CÔTÉ OUEST DE LA ZONE DES VENTS ALIZÉS.

Latitude.....	10°—15°	15°—20°	20°—25°	25°—30°	30°—35°
Janvier.....	87	78	35	15	16
Février.....	90	86	54	10	33
Mars.....	87	75	58	5	21
Avril.....	83	64	46	25	11
Mai.....	89	84	65	43	14
Juin.....	96	95	65	44	29
Juillet.....	89	87	81	57	35
Août.....	85	80	76	47	19
Septembre.....	55	73	54	35	19
Octobre.....	67	70	55	39	18
Novembre.....	80	72	52	45	10
Décembre.....	74	73	57	2	29
Année.....	82	77	55	28	11

Au moyen de ces tables nous obtenons les conclusions suivantes :

Entre l'équateur et le parallèle de 5° N., le vent est de la partie du S. toute l'année, excepté dans les mois de février et de mars. Entre 5° et 10°, il est de la partie du S. en été et en automne; Nord dans l'hiver et au printemps. Entre 10° et 25°, il est N. E. pendant tous les mois. Entre 25° et 30°, cette direction n'est vraie qu'au côté Est de l'océan Atlantique, parce qu'à son côté Ouest le vent est de la partie du S. pendant les mois d'été.

Nous voyons d'après cela que la limite extérieure de l'alizé N. E. est une ligne qui monte graduellement depuis l'Amérique jusqu'au N. de l'Afrique, de sorte qu'un bâtiment qui passe de la zone tempérée dans la zone torride entre plus tôt dans les vents alizés au côté Est de l'océan Atlantique qu'au côté Ouest. Entre 30° et 35°, les vents de la partie du S. sont prépondérants sur tout l'Océan, mais leur direction

moyenne se rapproche beaucoup du S. O. du côté de l'Amérique et du S. E. du côté de l'Europe.

La proportion de chaque vent dans la formation de cette direction moyenne est facile à voir dans la table suivante tirée de l'ouvrage de Maury (*The Winds at Sea, their Mean Direction, and Annual Average Direction for each of the Four Quarters*).

OCÉAN ATLANTIQUE NORD.

Latitude N.	N. E.	S. E.	S. O.	N. O.	Calmes.
0° — 5°	85	102	49	11	28
5 — 10	136	94	86	18	54
10 — 15	244	60	24	19	18
15 — 20	244	80	10	13	9
20 — 25	203	96	25	25	16
25 — 30	127	99	67	51	21
30 — 35	86	88	101	75	17
35 — 40	74	65	126	86	14
40 — 45	58	68	125	100	16
45 — 50	52	57	136	107	12
50 — 55	52	85	128	86	14
55 — 60	40	51	164	95	6

Les chiffres qui sont dans la première colonne de la table indiquent le nombre de jours pendant lesquels la direction du vent a été entre le N. et l'E.; dans la seconde, le nombre de jours pendant lesquels il a soufflé entre l'E. et le S., etc. L'apparition de l'alizé du N.E. dans l'hémisphère Nord est clairement indiquée, aussi bien que la direction prédominante S. O. dans la zone tempérée, et la prépondérance des calmes sur les bords intérieurs des deux alizés. La table suivante est semblable pour l'océan Atlantique Sud.

Océan Atlantique Sud.

Latitude S.	N. E.	S. E.	S. O.	N. O.	Calme.
0° — 5°	96	314	17	4	4
5 — 10	24	329	10	2	2
10 — 15	58	295	8	2	3
15 — 20	80	244	14	12	6
20 — 25	125	157	37	59	9
25 — 30	109	124	62	68	8
30 — 35	67	106	91	89	10
35 — 40	52	85	114	135	9
40 — 45	55	35	125	142	10
45 — 50	54	24	125	155	9
50 — 55	65	19	129	146	6
55 — 60	48	18	121	167	11

Dans cette table, les phénomènes de l'alizé du S. E. sont encore plus clairement indiqués que ceux de l'alizé du N. E. La raison en est évidemment dans ce fait que la prépondérance de la surface des eaux dans l'hémisphère Sud permet à l'air de circuler plus librement et plus régulièrement. Il est une autre circonstance, dont nous donnerons plus tard les raisons, et qui exerce aussi son influence : c'est que le nombre des cyclones dans la partie Nord de la zone torride est plus grand que dans la partie Sud. Si nous comptons le vent du N. par l'E., le S., l'O. et le N. de 0° à 360°, nous trouverons que les directions dans les différents quarts du cercle sont à peu près comme suit :

LATITUDE.	HÉMISPHERE NORD.				HÉMISPHERE SUD.			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0° — 5°	52°	159°	204°	327°	60°	127°	213°	316°
5 — 10	53	158	210	328	69	133	211	317
10 — 15	54	115	223	318	63	130	206	327
15 — 20	55	110	218	327	55	128	209	332
20 — 25	56	125	219	322	45	133	217	327
25 — 30	49	128	219	317	44	139	218	334
30 — 35	44	138	222	314	39	139	222	317
35 — 40	42	141	225	312	38	138	227	314
40 — 45	43	141	226	310	35	142	228	345
45 — 50	45	170	228	309	27	135	254	316
50 — 55	49	139	228	308	30	141	237	345
55 — 60	35	140	227	311	36	144	239	310

Pour l'océan Pacifique on a la table ci-dessous :

Océan Pacifique.

Latitude N.	N.	S. E.	S. O.	N. O.	Calme.
0° — 5°	40°	206°	89°	12°	9°
5 — 10	154	134	54	20	14
10 — 15	266	45	19	27	10
15 — 20	243	40	15	45	13
20 — 25	212	66	25	52	10
25 — 30	142	99	60	50	14
30 — 35	96	109	92	56	12
35 — 40	95	79	96	95	15
40 — 45	66	68	113	102	16
45 — 50	62	74	110	107	12
50 — 55	56	72	123	101	15
55 — 60	58	92	119	81	15

Océan Pacifique.

Latitude S.	N. E.	S. E.	S. O.	N. O.	Calme.
0° — 5°	70°	220°	27°	25°	8°
5 — 10	62	213	25	25	10
10 — 15	56	219	14	25	11
15 — 20	49	216	18	29	13
20 — 25	51	195	37	29	13
25 — 30	80	154	77	41	13
30 — 35	65	103	112	74	13
35 — 40	63	54	129	106	13
40 — 45	56	35	125	141	8
45 — 50	49	32	129	147	8
50 — 55	41	36	118	164	6
55 — 60	86	30	95	186	8

DANS LA PARTIE OUEST DE L'Océan Indien.

Latitude N.	N. E.	S. E.	S. O.	N. O.	Calme.
10° — 15°	260°	82°	6°	5°	12°
15 — 20	209	120	10	12	14
20 — 25	191	105	19	30	22
25 — 30	128	106	53	58	20

Si nous comparons les valeurs numériques obtenues pour les deux océans, nous comprendrons facilement pourquoi, tandis que les marins espagnols appelaient la partie tropicale de l'océan Atlantique *el golfo de las Damas* (la mer des Dames), parce que la navigation y est si facile qu'une jeune fille peut tenir la barre; Varenus disait que les marins qui partaient d'Acapulco pouvaient aller se coucher sans s'occuper du gouvernail, parce que le vent les conduisait certainement aux îles Philippines sans changer la route.

Maury donne dans la table suivante les directions exactes des vents pour les quatre quarts du compas :

OCÉAN PACIFIQUE.

Latitude.	HÉMISPHERE NORD.				HÉMISPHERE SUD.			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0° — 5°	57°	156°	210°	318°	59°	150°	216°	321°
5 — 10	54	156	215	314	57	120	229	311
10 — 15	51	120	227	320	55	126	225	322
15 — 20	51	117	227	322	58	126	218	319
20 — 25	53	118	225	322	58	128	224	321
25 — 30	53	127	225	318	51	151	219	316
30 — 35	50	152	212	315	48	159	219	311
35 — 40	49	139	222	316	38	141	223	314
40 — 45	47	133	224	311	35	140	228	313
45 — 50	45	134	227	310	31	135	233	312
50 — 55	44	137	228	308	36	141	256	307
55 — 60	47	137	227	307	38	137	260	311

Les résultats obtenus eussent été plus faciles à comprendre s'ils eussent été calculés d'après la méthode de Lambert, dans laquelle les directions du vent observées pour les quatre quarts du compas sont toutes projetées sur deux directions se coupant angle droit, c'est-à-dire E. et O., et N. et S. Dans la méthode qui paraît être généralement adoptée par les navigateurs, les vents sont figurés graphiquement pour les différentes parties de la surface des mers où ils ont été observés. Cette méthode a été employée avec succès pour les *Wind Charts* du *Board of Trade*, etc., publiées par l'amiral Fitzroy en 1856; dans les *Wind Charts* de l'océan Atlantique Sud, et dans les cartes des vents des parties Ouest et Est de l'océan Indien pour chaque mois de l'année¹. Mais il serait nécessaire dans ces cas de donner les valeurs numériques qui

¹ *Windkaart van den Zuider Atlantik Oceaan; van het Westelijk Deel; et van het Oostelijk Deel der Indische Zee.* Publié dans les 2^e et 3^e volumes du *Uitkomsten van Wetenschap en Ervaring aangaande Windenen Zeeënstromingen*

ont servi à construire les lignes qui indiquent la direction et la durée des vents, afin que l'on puisse toujours avec ces valeurs calculer la direction moyenne avec exactitude.

Ces valeurs numériques sont données pour l'Océan Atlantique dans les « Instructions Nautiques mensuelles » sur les traversées de Java à la Manche ¹, et c'est de cet ouvrage que j'ai extrait les tables suivantes. Dans l'hémisphère Nord, j'ai combiné ensemble les trois mois de l'année correspondant aux saisons météorologiques; tandis que pour l'hémisphère Sud, j'ai donné le total pour l'année entière, parce que dans cet hémisphère les variations sont très-faibles dans le cours de l'année.

HÉMISPHERE NORD.

Hiver.

Latitude....	50°—25°	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°
Longitude O.	25°—45°	25°—45°	25°—45°	20°—40°	15°—35°	15°—35°
N.	65	34	25	6	39	59
N. N. E.	145	84	59	82	325	172
N. E.	208	271	437	620	648	256
E. N. E.	251	288	292	146	147	87
E.	153	84	56	12	58	146
E. S. E.	80	59	7	•	16	114
S. E.	83	51	1	•	19	273
S. S. E.	40	17	•	•	19	291
S.	59	17	•	•	22	120
S. S. O.	56	11	•	•	11	36
S. O.	33	3	•	•	9	9
O. S. O.	3	•	•	•	4	6
O.	19	2	•	•	10	20
O. N. O.	16	8	•	•	2	26
N. O.	56	16	2	•	3	27
N. N. O.	35	13	14	•	3	23

in *Sommige Gedeelten van den Oceaen, uitgegeven door het Kon. Ned. Meteor. Instituut*, Utrecht, 1859 (Résultats de la science et de l'expérience sur les vents et les courants dans certaines parties de l'Océan, publié par l'Institut royal et météorologique hollandais, Utrecht, 1859).

¹ *Maandelijkse Zeilandwijzingen van Java naar het kanaal*, Utrecht, 1859.

Printemps.

Latitude.	30°—25°	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°
Longitude O.	25°—45°	25°—45°	25°—45°	20°—40°	15°—35°	15°—35°
N.	34	40	10	23	186	72
N. N. E.	41	86	36	186	655	229
N. E.	208	244	476	588	561	250
E. N. E.	241	381	422	127	67	101
E.	225	160	85	9	51	187
E. S. E.	136	62	19	*	16	215
S. E.	73	19	3	*	10	157
S. S. E.	44	9	6	*	14	148
S.	32	12	2	*	28	105
S. S. O.	41	25	2	*	15	28
S. O.	46	18	6	*	16	27
O. S. O.	21	12	3	*	5	12
O.	20	15	8	*	11	32
O. N. O.	24	8	2	*	12	11
N. O.	44	11	6	1	46	25
N. N. O.	31	16	4	6	96	54

Été.

Latitude.	30°—25°	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°
Longitude O.	25°—45°	25°—45°	25°—45°	20°—40°	15°—35°	15°—35°
N.	16	1	12	159	31	2
N. N. E.	69	22	86	284	75	2
N. E.	279	371	475	373	86	2
E. N. E.	279	298	174	111	52	6
E.	105	65	16	28	22	37
E. S. E.	44	13	*	25	16	112
S. E.	25	4	*	25	27	191
S. S. E.	5	*	*	24	92	279
S.	7	*	1	42	139	122
S. S. O.	*	*	*	25	127	69
S. O.	4	*	*	46	113	11
O. S. O.	2	*	*	48	68	3
O.	19	*	*	86	76	*
O. N. O.	*	*	1	55	35	1
N. O.	9	3	1	45	52	2
N. N. O.	6	*	*	35	10	3

Automne.

Latitude.....	30°—25°	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°
Longitude (°).	25°—45°	25°—45°	25°—45°	20°—40°	15°—35°	15°—35°
N.	62	68	11	51	50	1
N. N. E.	114	131	125	254	122	5
N. E.	185	284	425	451	216	5
E. N. E.	220	292	179	142	118	6
E.	110	152	76	49	81	20
E. S. E.	69	57	11	20	42	58
S. E.	52	6	7	15	62	165
S. S. E.	20	•	2	15	81	548
S.	25	5	•	55	114	187
S. S. O.	52	•	•	11	58	92
S. O.	50	•	5	52	66	15
O. S. O.	15	•	2	42	50	18
O.	11	•	•	18	68	5
O. N. O.	19	2	1	24	56	6
N. O.	39	10	•	25	52	1
N. N. O.	57	50	•	30	14	4

HÉMISPHERE SUD.

Année.

Latitude.....	0°—5°	5°—10°	10°—15°	15°—20°	20°—25°	25°—30°	30°—35°
Longitude.....	15°—25° O.	10°—15° O.	5°—15° O.	0°—10° O.	5° O.—10° E.	0°—15° E.	10°—20° E.
N.	•	•	•	•	11	54	151
N. N. E.	•	•	•	•	7	11	52
N. E.	16	7	•	21	27	20	119
E. N. E.	58	45	66	50	19	10	79
E.	282	175	225	204	135	45	175
E. S. E.	610	277	1,060	818	506	175	509
S. E.	1,951	2,550	2,478	2,474	2,188	1,722	1,147
S. S. E.	567	518	279	507	658	821	762
S.	117	30	50	119	585	587	597
S. S. O.	21	•	•	51	97	574	574
S. O.	11	•	•	8	102	560	688
O. S. O.	•	•	•	•	25	255	437
O.	•	•	•	•	29	211	570
O. N. O.	•	•	•	•	12	105	418
N. O.	•	•	•	•	24	155	519
N. N. O.	•	•	•	•	7	19	151

La constance plus grande des vents alizés du S. E. est très-clairement indiquée dans ce tableau, aussi bien que leur passage sur l'équateur et dans l'hémisphère Nord. En somme, les résultats obtenus par les navires hollandais confirment les calculs faits par Coffin avec les données recueillies par Maury.

2. — LE VENT ALIZÉ DE RETOUR SUPÉRIEUR.

Dans la section précédente, nous avons vu que dans les deux hémisphères l'air se dirige des pôles vers l'équateur. Par suite de cette tendance, il devrait s'accumuler dans les régions tropicales, et sa pression, comme l'indique le baromètre, augmenterait continuellement, s'il ne trouvait pas à s'écouler sous forme de contre-courant dans les couches supérieures de l'atmosphère. Le mouvement des nuages, à une grande hauteur et en sens inverse des vents alizés, qui a été observé de la surface de la terre, est une preuve visible de ce contre-courant. Ce mouvement a été mentionné particulièrement par plusieurs navigateurs, parmi lesquels nous citerons Basil Hall et Paludan. Fendler, à Tovar dans le Venezuela, a prouvé numériquement l'existence de ce courant de retour par des observations faites pendant un grand nombre d'années. Le niveau auquel il commence est si élevé, qu'on n'a pas pu constater avec certitude son existence en montant sur les pics les plus hauts des Cordillères, dans le voisinage de la région des calmes; néanmoins, son existence dans cette région est bien prouvée par les faits ci-après. Dans la nuit du 30 avril et le 1^{er} mai 1812, on entendit aux Barbades des détonations semblables à des coups de canon de fort calibre, à ce point que la garnison du fort Sainte-Anne prit les armes. Au jour, le 1^{er} mai, la partie Est de l'horizon était claire, tandis que le reste du ciel était enveloppé d'une couche de nuages noirs. L'obscurité devint tout à coup si grande que l'on ne pouvait plus distinguer l'emplacement des fenêtres dans les appartements, tandis qu'en même temps les arbres pliaient sous le poids des cendres qui tombaient. D'où venaient ces cendres? Dans les mois d'avril et de mai l'alizé est dans toute sa force;

il eût donc été très-naturel de croire qu'elles provenaient des volcans des Açores. Cependant leur véritable origine était le volcan du Morne Garou, situé dans l'île de Saint-Vincent, qui est à 100 milles dans l'O. des Barbades, et l'on sait qu'il est impossible d'aller à la voile de Saint-Vincent aux Barbades, dans cette saison, sans faire un grand détour à cause de la direction contraire des vents alizés. Les cendres du volcan ont dû être lancées par la violence de l'éruption jusque dans la couche des vents alizés de retour supérieur, après avoir traversé les alizés inférieurs. Également : le 20 janvier 1835, tout l'isthme de l'Amérique Centrale ressentit la secousse du tremblement de terre qui accompagna l'éruption du volcan de Coseguina, sur le lac de Nicaragua. La violence de l'éruption fut si considérable, qu'on entendit les détonations à Santa-Fé-de-Bogota, qui est à 1,000 milles de distance; et le nuage de cendres fut si compact que Union, port de mer de la côte Ouest de la baie de Conchagua, fut enveloppé dans une obscurité complète pendant quarante-trois heures. Les cendres tombèrent aussi à Kingston et dans d'autres parties de la Jamaïque, dont les habitants purent savoir ainsi que les détonations qu'ils avaient entendues n'étaient pas des coups de canon. Ces cendres n'avaient pu être portées à la Jamaïque que par les alizés de retour, puisque cette île est dans le N. E. du Nicaragua.

Ce fait que les cendres de volcans bas, comme Morne Garou et Coseguina, ont pu atteindre le courant supérieur, prouve que ces éruptions ont eu une violence extraordinaire. C'est en effet ce qui avait eu lieu pour Morne Garou, car l'éruption dont nous venons de parler termina une succession de phénomènes volcaniques effrayants. Ainsi, en juin et juillet 1811, l'île Sabrina sortait tout à coup de la mer, près de l'île Saint-Michel, l'une des Açores; elle s'élevait de 90 mètres au-dessus du niveau de la mer, qui a 45 mètres de profondeur dans cet endroit, et elle avait 1 mille de circonférence; cet événement fut suivi d'une série continue de tremblements de terre dont les secousses éprouvées pendant plusieurs mois dans l'Ohio et dans l'Arkansas se terminèrent par la destruc-

tion totale de la ville de Caraccas, le 26 mars 1812. Enfin, ce ne fut qu'en mai que cette force volcanique qui était restée si longtemps comprimée se fit jour au Morne Garou qui était resté inactif pendant un siècle. On put entendre le bruit de l'éruption à Rio Apure, qui est presque à la même distance du volcan que Naples de Paris.

Halley, le premier qui ait affirmé qu'il existe un courant supérieur portant dans une direction contraire aux vents alizés¹, dit :

« Avec l'alizé N. E. qui souffle à la surface, il doit exister
« un vent de S. O. supérieur, et pendant l'alizé du S. E. un
« vent de N. O. supérieur; et ceci est plus qu'une simple con-
« jecture, car nous en trouvons presque la certitude dans ce
« fait que le vent passe souvent presque instantanément à des
« rumb's opposés, lorsqu'on traverse les limites des vents
« alizés. »

Halley considère donc le vent de S. O. qui souffle à la limite extérieure de l'alizé du N. E., et le vent de N. O. qui souffle à la limite extérieure de l'alizé du S. E., comme étant le vent alizé de retour supérieur qui atteint dans cet endroit la surface de la terre. La seule raison qu'il en donne, c'est qu'il est produit par « une espèce de circulation. » Ce phénomène est en quelque sorte une conséquence nécessaire de la théorie d'Hadley qui dit² : « Les vents de N. E. et de S. E., entre les tropiques, doivent être compensés par autant de vent de S. O. et de N. O. soufflant dans d'autres lieux, et généralement tous les vents de quelques rumb's qu'ils soufflent doivent être compensés par des vents contraires soufflant quelque autre part; sinon il pourrait se produire quelque changement dans le mouvement de la terre autour de son axe. »

Léopold von Buch a signalé le premier l'effet produit par la descente du vent alizé de retour sur les vents de la zone

¹ *An Historical Account of the Trade-Winds and Monsoons observable in the Seas between and near the Tropic, with an Attempt to assign the Physical Cause of the said Wind.* Trans. phil. 1686, p. 152.

² *The Cause of the General Trade-Wind.* Trans. phil. 1735, p. 58.

tempérée; on lit à ce sujet dans ses observations sur le climat des îles Canaries ¹ :

« Il est très-remarquable, très-instructif et du plus grand intérêt pour la science météorologique, d'observer comment l'alizé du N. E. est déplacé par les vents de S. O. à l'approche de l'hiver. Ces vents ne commencent pas au S. pour marcher vers le N., mais on les ressent d'abord sur la côte de Portugal, puis à Madère et ensuite à Ténériffe et aux Canaries. Ils descendent des couches supérieures de l'atmosphère dans la même progression qu'ils marchent du N. vers le Sud. Ils ont constamment existé à ce niveau élevé, même pendant tout l'été, alors que les alizés du N. E. soufflaient avec la plus grande violence sur la surface de la mer; car le pic de Ténériffe est assez élevé pour atteindre le courant supérieur même au milieu de l'été. Il est rare que dans les rapports des voyageurs qui sont montés sur ce pic, il ne soit pas fait mention des vents d'O. violents qu'ils ont ressentis au sommet de la montagne. Humboldt est monté sur le pic le 21 juin; quand il eut atteint le bord du cratère, il eut beaucoup de peine à se tenir sur ses jambes, tant était grande la violence du vent d'O. (*Relat.*, t. p. 132). Si l'on eût senti un vent pareil à Santa-Cruz ou à Orotava dans cette saison, les habitants auraient été aussi étonnés que ceux des Barbades lorsque les cendres tombèrent sur cette île. J'ai trouvé des vents d'O. semblables, quoique moins violents, au sommet du pic, le 19 mai. George Glass, observateur consciencieux, qui en sa qualité de marin a étudié attentivement les vents aux îles Canaries pendant plusieurs années, s'exprime ainsi dans son *History of the Canary islands* (p. 251): « Un violent vent d'O. souffle constamment sur les parties les plus élevées de ces îles pendant que les vents de N. E. règnent sur la surface de la mer; » et il ajoute : « Il doit en être ainsi, je pense, dans toutes les parties du globe où l'on ressent les vents alizés. Je ne me hasarderai pas à expliquer ce phénomène, mais il existe certainement au

¹ *Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln* (Description physique des îles Canaries). 1827, p. 67.

« sommet du pic de Ténériffe et sur les montagnes de quelques autres de ces îles. » Glass connaissait trop bien les Canaries pour ne pas donner dans son ouvrage les résultats de sa propre expérience.

« Ces vents descendent doucement des couches les plus élevées de l'atmosphère le long des pentes des montagnes. On s'en aperçoit parfaitement aux nuages qui viennent du S. et enveloppent le sommet du pic dès le mois d'octobre. Ils s'abaissent de plus en plus et enfin ils s'immobilisent sur la crête des montagnes qui gisent entre Orotava et la côte Sud, et qui ont 1,800 mètres d'élévation environ, où ils se dissipent avec des coups de tonnerre d'une violence effrayante. Il se passe une semaine ou plus peut-être ensuite avant qu'on les ressente à la surface de la mer. Ils y séjournent pendant plusieurs mois. La pluie ne tombe que sur les pentes des montagnes et le pic lui-même se couvre de neiges. Ne pourrait-on pas admettre que les vents d'O. bien connus des marins qui vont pendant l'été de Ténériffe en Angleterre, et qu'ils rencontrent ordinairement aux environs et à la hauteur des Açores, et également que les vents d'O. ou de S. O. presque invariables qui ont fait donner le nom de route *down-hill* (en descendant) à la traversée de Philadelphie en Angleterre, et celui de *up-hill* (en montant) ¹ à celle d'Angleterre à Philadelphie, ne pourrait-on pas admettre, dis-je, que ce vent, comme aussi le vent d'O. que l'on ressent au sommet du pic, est le courant équatorial supérieur qui descend à la surface de la mer dans cet endroit? Il en résulterait que le courant équatorial supérieur n'irait pas jusqu'au pôle, au moins dans l'océan Atlantique. »

Nous trouvons dans Piazzì Smith quelques données plus

¹ *Down-hill* et *up-hill*. Nous n'avons pas d'expression pour rendre ces deux mots qui signifient descente et montée difficile. On sait en effet que le voyage d'Amérique en Europe est beaucoup plus facile que le retour. Aussi les paquebots à voiles mettaient quarante-six jours en moyenne pour aller et vingt-trois jours pour revenir. Mais il serait nécessaire de tenir compte dans ces évaluations de la vitesse moyenne du Gulf Stream qui favorise le retour en Europe. A. L. G.

exactes sur les limites des deux courants ¹. L'épaisseur verticale de l'alizé du N. E. inférieur serait de 2.740 mètres. Pendant que le vent de N. E. souffle à la surface de la mer, la couche de nuages ne repose pas entre ce courant et le courant S. O. supérieur, mais on a trouvé qu'elle était presque au centre du courant inférieur, à une hauteur de 1,220 mètres ou 1,520 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

Ce fait que Goodrich a trouvé, en avril, des vents de S. O. au sommet du Mouna Kaa, tandis que l'alizé du N. E. soufflait sur les parties les plus basses de l'île Hawaii, prouve que les phénomènes observés aux Canaries sont vrais pour tous les lieux situés à la limite extérieure de la zone des alizés.

S'il nous était possible de déterminer, par des expériences faites simultanément sur une série de pics élevés, la direction du vent à différentes hauteurs, nous pourrions arriver à une connaissance plus exacte du rapport qui existe entre les volumes d'air déplacés par les courants directs et les contre-courants. Le baromètre nous donne la pression totale produite par l'action réunie des deux courants, et au moyen de cet instrument nous pouvons voir très-clairement que la pression atmosphérique, aux limites intérieures des zones des alizés, où l'air monte, est matériellement moindre qu'à leurs limites extérieures où l'alizé supérieur descend. A. de Humboldt est le premier qui ait appelé l'attention sur la diminution de pression atmosphérique dans le voisinage de l'équateur, et L. de Bueh sur l'accroissement relatif de la pression dans le voisinage des îles Canaries; mais A. Erman et Herschel ont prouvé les premiers que le passage d'une condition à l'autre était graduel. Ce fait est très-visible dans les nouvelles tables d'observations dressées par l'Institut hollandais. On peut aussi voir dans ces tables l'accord parfait qui existe entre l'endroit variable où l'air monte et la zone de température maximum, dont il est parlé page 16. Les tables suivantes donnent en millimètres les différences de la

¹ *An Astronomical Experiment on the Peak of Teneriffe*. Trans. phil. 1839, p. 527.

hauteur moyenne du baromètre observées dans l'océan Atlantique, entre 35° N. et 36° S., et aussi les limites de la zone des calmes.

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE DANS LA ZONE DES ALIZÉS DE L'OCÉAN ATLANTIQUE.

LATITUDE.	HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.
N. 35° — 50°	+ 4,879	+ 3,112	+ 4,353	+ 2,190
30 — 25	+ 4,304	+ 3,676	+ 3,405	+ 1,981
25 — 20	+ 1,714	+ 2,210	+ 1,270	— 0,067
20 — 15	+ 0,180	+ 0,203	— 1,218	— 1,210
15 — 10	— 1,579	— 1,088	— 2,616	— 2,507
10 — 5	— 2,637	— 2,729	— 3,044	— 2,812
5 — 0	— 3,023	— 3,583	— 3,067	— 2,367
S. 0 — 5	— 2,977	— 2,819	— 2,210	— 1,739
5 — 10	— 1,826	— 1,939	— 1,420	— 0,609
10 — 15	— 0,854	— 0,744	— 0,102	+ 0,099
15 — 20	+ 0,180	+ 0,457	+ 1,150	+ 1,440
20 — 25	+ 1,067	+ 1,270	+ 1,961	+ 3,158
25 — 30	+ 1,270	+ 1,270	+ 1,871	+ 2,465
30 — 36	— 0,760	+ 0,741	+ 0,721	+ 1,175
Hauteur moyenne.	762,48	762,61	763,36	762,97
Limite Sud de l'alizé N. E.....	5° 45'	5° 47'	11° 26'	5° 53'
Limite Nord de l'alizé S. E.....	2° 20'	1° 48'	3° 15'	3° 1'

L'alizé du S. E. s'étendrait donc toujours plus loin dans l'hémisphère Nord après avoir traversé l'équateur, lorsque la zone de raréfaction maximum atteindrait les latitudes les plus élevées dans l'été, et sa direction serait déviée vers le S. pour devenir en définitive S. O. ; et cela parce qu'il passerait alors sur une succession de points dont la vitesse de rotation va constamment en décroissant. Dans ces circonstances, tous les lieux situés dans la partie Nord de la zone torride se trouveront dans la région de cet alizé du Sud, devenu S. O.,

aussi longtemps que le soleil sera resté au N. de l'équateur. Pendant l'hiver, ces mêmes lieux se trouveront dans l'alizé du Nord, et la région des calmes passerait dessus deux fois par an. C'est ainsi que le vent alizé permanent de cette zone devient un vent périodique (la mousson). Ce phénomène se produit réellement dans l'océan Indien, et nous allons rechercher maintenant les lois qui régissent ces vents dans cette mer.

II. — LES VENTS PÉRIODIQUES ANNUELS:

1. — LES MOUSSONS DES INDES ORIENTALES.

Il serait certainement plus exact de dire que l'alizé n'est qu'une mousson imparfaitement développée que de considérer cette dernière comme la modification du premier. *Monsoon* (*Musim* en malais) est dérivé de *Mausim*, mot arabe qui signifie saison. Les Grecs ont eu connaissance des moussons pendant les expéditions d'Alexandre. Arrian, d'après les observations d'Hippalus qui leur donna le nom de *Libonotus*, dit que ce vent s'élevait dans l'océan Indien en même temps que les vents Étésiens dans la mer Méditerranée, et que la navigation de retour des ports n'était praticable qu'à l'apparition de ce vent du S. qui soufflait de la mer vers la terre. Il est d'accord en cela avec Aristote, qui décrit d'une manière précise l'alternative régulière des vents dans ces mers. Marco-Polo en entendit parler pour la première fois à Mangi, dont les habitants faisaient voile en hiver pour les îles Epices près de Zipangri (Ceylan), et revenaient en été avec des vents qui soufflaient dans une direction contraire. Les Arabes connaissaient parfaitement ce phénomène; car Sidi Ali, dans son livre *Mohit*, sur la navigation de l'océan Indien, compilation de dix ouvrages arabes, et publié en 1554, donne l'époque du commencement de la mousson pour cinquante lieux différents.

Halley (*Trans. phil.* 1686, p. 158) décrit les moussons de la manière suivante:

« Entre 10° et 30° de latitude S., de Madagascar à la Nouvelle-Hollande, on trouve l'alizé général du S. E. q. E.

envirou soufflant pendant toute l'année absolument de la même manière que sous les mêmes latitudes dans l'océan Éthiopien, ainsi que nous l'avons décrit dans la quatrième observation précédente.

« Ces vents de S. E. s'étendent jusqu'à moins de 2° de l'équateur pendant les mois de juin, juillet, août, etc., jusqu'en novembre, époque à laquelle, entre les latitudes de 3° et 10° S. près du méridien de l'extrémité Nord de Madagascar, et entre 2° et 12° S. près de Sumatra et de Java, les vents contraires du N. O., on entre le N. et l'O., s'établissent et soufflent pendant la moitié de l'année, ou depuis le commencement de décembre jusqu'en mai. Cette mousson se fait sentir jusqu'aux îles Moluques ; nous en parlerons tout à l'heure.

« Au N. de 3° S., dans toute la mer Arabique ou mer de l'Inde et dans le golfe du Bengale, de Sumatra à la côte d'Afrique, il existe une autre mousson qui souffle du N. E. environ d'octobre à avril ; mais des rumb opposés ou du S. O. et de l'O. S. O. pendant l'autre moitié de l'année, ou d'avril à octobre ; cette dernière est un peu plus forte et accompagnée d'un temps sombre et pluvieux, tandis que le N. E. est clair. Il faut également observer que la force et la direction de ces vents ne sont pas aussi constantes dans le golfe du Bengale que dans l'océan Indien, où il est rare qu'on ne trouve pas à cette époque de l'année le vent constamment frais. Il est également remarquable que les vents de S. O. dans ces mers sont généralement plus Sud sur la côte d'Afrique, et plus Ouest sur celle de l'Indoustan.

.....

« Dans l'E. de Sumatra et de Malacca, au N. de la Ligne, et le long de la côte du Camboge et de la Chine, les moussons soufflent N. et S., c'est-à-dire que les vents de N. E. sont plus Nord et les vents de S. O. plus Sud. Ces vents s'étendent jusque dans l'E. des îles Philippines et au N. jusqu'aux îles du Japon. La mousson du Nord s'établit dans ces mers en octobre ou novembre, la mousson du Sud en mai et elle souffle pendant tout l'été. Nous devons faire observer ici que les rumb du compas d'où le vent souffle

dans ces parties du monde ne sont pas aussi fixes que dans celles dont nous venons de parler ; ainsi les vents de S. seront souvent d'un rumb ou deux à l'E. du S., et les vents de N. d'une même quantité à l'O. du N., ce qui paraît provenir des nombreuses îles qui sont disséminées dans ces mers.

« Entre les mêmes méridiens, mais au S. de l'équateur, sur cet espace qui s'étend depuis Sumatra et Java dans l'O., jusqu'à la Nouvelle-Guinée dans l'E., on a observé les mêmes moussons Nord et Sud, avec cette différence toutefois que le vent du N. a une tendance vers le N. O., et celui de S. vers le S. E.; mais les *plagæ venti* ne sont pas plus stables dans cette région que dans la précédente; ils varient de 5 à 6 rumb. En outre les époques du changement de ces vents ne sont pas les mêmes que dans les mers de Chine, mais elles ont lieu un mois ou six semaines environ plus tard.

« Ces vents contraires ne se succèdent pas tous brusquement, mais dans quelques endroits l'époque de leur changement est accompagnée de calmes, dans d'autres de vents variables; il est particulièrement remarquable que c'est à la fin de la mousson de l'O. sur la côte de Coromandel et pendant les deux derniers mois de la mousson du S. dans les mers de Chine que les tempêtes sont les plus fréquentes. Leur violence est telle qu'elles paraissent être de l'espèce des ouragans des Indes occidentales, et qu'elles rendent la navigation de ces mers très-dangereuse à cette époque de l'année. Les marins leur donnent ordinairement le nom de *Ausbrechen des monsoon*, débâcle des moussons ¹. »

Clapper (*Observations on the Winds and the Monsoons*, Londres, 1801, p. 42) décrit plus exactement ces périodes intermédiaires :

« Sur la côte de Coromandel, entre la fin d'une mousson et le commencement de l'autre, les vents sont variables, participant des deux directions. Les calmes règnent souvent pendant tout le mois de septembre et une partie d'octobre. Aussitôt que le soleil venant du S. commence à s'approcher du zénith, la mousson du N. E. s'affaiblit, et il y a tous les jours

¹ En anglais : *The breaking-up of the monsoons*

des brises alternatives de terre et de mer, phénomène que l'on n'observe pas au commencement de la mousson. A cette époque, le vent sur la côte paraît tourner régulièrement avec le soleil et faire le tour du compas dans les vingt-quatre heures. Les tempêtes violentes n'ont jamais lieu à la fin de la mousson, mais quelque temps après. »

D'après Horsburgh (*India directory*, vol. II, p. 200), la mousson change du S. O. au N. E. en octobre et en mai au N. de l'équateur, et du N. O. au S. E. en avril et octobre au S. de l'équateur. La limite Nord de la dernière serait 2° N.; sa limite Sud 12° S. et la limite extrême dans l'E. de la zone de cette mousson, 143° E. près des îles Ladrone. D'après les observations faites à Madras par Goldingham, lesquelles embrassent une période de 21 années, la mousson du N. E. souffle dans cet endroit du 19 octobre au 2 mars. L'époque où elle s'établit varie du 29 septembre au commencement de novembre. A Angarakandy, sur la côte du Malabar, l'époque moyenne du commencement de la mousson du S. O., d'après Brown, serait le 31 mai; mais elle varie entre le 20 mai et le 18 juin. D'après Jansen, le changement de mousson a lieu de la manière suivante dans les mers de Java :

« Pendant le mois de février, la mousson de l'O. souffle encore fort et fixe; en mars elle est interrompue par des calmes et des orages qui deviennent moins fréquents et moins violents en avril. Alors les vents d'E. font irruption brusquement, les nuages s'amassent et couvrent le ciel, tandis que les orages avec coups de tonnerre sont incessants pendant le jour et la nuit, et les trombes d'eau sont très-fréquentes. Si le vent retourne à l'O. ou au N. le ciel s'éclaircit de nouveau; mais ce vent ne dure pas et les nuages reparaissent aussitôt. La pluie cesse graduellement pendant le jour, et le vent de S. E. souffle pendant tout le mois de mai. A l'époque du renversement des moussons de l'E. à l'O., les calmes règnent pendant une période d'autant plus courte que le vent prend une direction N. O. plus décidée, et les averses de pluie accompagnées de rafales violentes ne durent que très-peu de temps. Les orages avec tonnerre sont fréquents, mais sur la terre seulement ou près de la côte. Vers la fin de no-

vembre, la mousson du N. O. est établie d'une manière permanente. »

Des observations faites de 1850 à 1856 à Palembang, sur la côte Nord de la partie S. E. de Sumatra, ont donné les résultats suivants : De novembre en mars, les vents dominants soufflent de l'O. et du N. O. C'est la saison des pluies régulières pendant la mousson de l'Ouest. En avril la mousson change (*Kentering der Moesons*) et les orages avec tonnerre sont le plus fréquents. De mai à septembre, les vents de la partie de l'E. et du S. E. (*Oostmoeson*) prédominent et le changement a lieu en septembre ou octobre. Il paraît, d'après cela, que le vent fait très-régulièrement le tour du compas, car sa direction moyenne pour chaque mois, si nous comptons du S. à l'O., est 7° O., 20° O., 30° O., 28° N., 79° N., 85° N., 6° E., 21° E., 18° E., 25° E., 30° S., 4° O.

A Padang la mousson régulière se confond presque entièrement avec les brises de terre et de mer qui soufflent alternativement tous les jours, presque à angle droit avec la côte qui court N. N. O. et S. S. E. La brise de terre est E. N. E., la brise du large O. S. O. La plus grande quantité de pluie et la fréquence croissante des orages avec tonnerre que l'on observa dans les mois de mars et avril, ainsi qu'en octobre et décembre, rappellent les époques des changements de la mousson.

A Banjarmassing, sur la côte Sud de Borneo, la mousson du S. O. souffle de décembre en mars, la mousson du S. E. d'avril en octobre. L'époque du changement semble durer peu. La pluie est plus abondante de juillet à octobre, tandis que les orages avec tonnerre sont plus fréquents dans les mois de novembre, décembre et mai, à des époques par conséquent plus tardives que celles des changements des moussons. Au reste, il y a entre chaque année des variations considérables à cet égard. Ainsi, en 1851 on a observé 18 orages avec tonnerre, tandis qu'il y en a eu 83 en 1857. Si l'on examine avec soin la direction du vent, on trouve les résultats suivants : En décembre la direction prédominante du vent est S. O. et O. S. O., et il devient plus Ouest en janvier et février. En mars, sa direction est moins constante pendant le jour. En avril le vent

de S. E. domine et sa stabilité augmente jusqu'en août et septembre. En octobre il hale vers le S.; en novembre il tourne encore plus au S. le matin; et dans l'après-midi, le vent tourne par le S. et prend de l'Ouest. Enfin en décembre la mousson du S. O. est définitivement établie.

J'ai pris ces résultats dans un travail où Krecke a résumé les observations contenues dans l'ouvrage intitulé « Observations météorologiques dans les Pays-Bas et leurs colonies » ¹.

Si, prenant les directions des vents que Maury a compilées avec les observations faites à bord des bâtiments, nous déterminons, au moyen de la formule de Lambert, les directions moyennes des vents dans l'océan Indien comme Coffin l'a fait pour l'océan Atlantique, nous aurons les résultats suivants :

MOIS.	LATITUDE NORD.					LATITUDE SUD.	
	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°	0°—5°	5°—10°
Janvier.....	N. E.	N. E.	N. E.	N. E.	N. N. E.	O.	S.
Février.....	O. N. O.	O. S. O.	N. E.	N. E.	N. N. E.	O. N. O.	S. O.
Mars.....	O. S. O.	N. N. E.	N. E.	N. E.	N. E.	O. N. O.	S. O.
Avril.....	S. S. O.	S. S. O.	S.	S. S. E.	S. O.	O. N. O.	S. O.
Mai.....	S. S. O.	S. S. O.	S. S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. E.
Juin.....	S. S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. S. E.	S. E.
Juillet.....	S. S. O.	S. O.	O. S. O.	S. O.	S. S. O.	S. S. O.	S. E.
Août.....	S. S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S.	S. E.
Septembre....	S. S. O.	S. S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. E.	E. S. E.
Octobre.....	E. S. E.	N. E.	S. S. E.	S. O.	O. S. O.	S.	E. S. E.
Novembre....	N. N. O.	N. N. E.	N. E.	N. E.	O. S. O.	O. S. O.	N. N. E.
Décembre....	N. N. E.	N. N. E.	N. E.	E. N. E.	N. N. O.	O.	O.

La table suivante est plus exacte; les angles de direction du vent y sont comptés du S. par l'E. à l'O.

¹ *Meteorologische Waarnemingen in Nederland en zijne Bezittingen.*

MOIS.	LATITUDE NORD.					LATITUDE SUD.	
	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°	0°—5°	5°—10°
Janvier.....	214° 26'	215° 55'	250° 51'	227° 15'	210° 14'	89° 55'	549° 49'
Février.....	119 1	68 14	227 29	226 3	209 47	108 7	53 45
Mars.....	62 14	212 42	219 45	225 21	217 2	101 27	40 58
Avril.....	55 10	54 59	226 28	230 59	52 15	109 19	287 22
Mai.....	28 5	50 45	21 18	55 55	57 45	50 15	518 1
Juin.....	50 53	59 54	41 16	45 40	86 24	549 58	504 18
Juillet.....	25 50	47 17	50 41	54 6	29 58	52 15	516 49
Août.....	50 15	42 40	52 0	38 10	47 46	529 49	506 50
Septembre.....	25 21	48 10	52 15	49 45	42 5	506 0	299 55
Octobre.....	285 6	215 2	525 45	51 18	64 8	558 55	289 53
Novembre.....	161 20	205 55	225 11	255 50	76 17	67 27	20 12
Décembre.....	205 24	212 41	255 12	217 4	149 50	79 57	88 58

La table ci-dessous donne l'intensité du vent, en prenant 100 pour cette intensité, si le vent a soufflé du même rumb sans interruption.

MOIS.	LATITUDE NORD.					LATITUDE SUD.	
	25°—20°	20°—15°	15°—10°	10°—5°	5°—0°	0°—5°	5°—10°
Janvier.....	52	59	69	65	44	27	29
Février.....	45	11	59	74	49	39	29
Mars.....	59	48	59	75	37	21	17
Avril.....	71	68	11	29	35	18	25
Mai.....	81	75	66	76	74	22	58
Juin.....	85	85	95	81	85	49	49
Juillet.....	70	84	95	70	70	64	75
Août.....	87	74	82	65	67	48	80
Septembre.....	28	57	78	91	65	41	58
Octobre.....	50	22	18	37	61	16	65
Novembre.....	29	69	68	15	48	55	9
Décembre.....	79	77	73	59	16	42	51
Moyenne.....	55.4	60.8	62.4	59.5	55.9	56.2	42.1

Nous voyons, par ce tableau, que l'intensité minimum de mouvement a lieu dans le voisinage de l'équateur, et ce fait est plus clairement marqué au S. qu'au N. de la Ligne. Nous ne pouvons signaler une zone de calme, comme dans la région des vents alizés, puisqu'il existe ici dans l'été un courant constant dont la direction S. E., qui est celle de l'alizé, devient S. O. en traversant la ligne. Nous voyons cependant que la ligne de séparation entre les hémisphères Nord et Sud tombe dans cet endroit et en dedans du dernier, si nous admettons que la plus faible valeur de l'intensité moyenne des deux courants indique cette ligne.

Nous trouvons dans les observations faites à Nangasaki, Japon (1845-55), par les Hollandais des renseignements exacts sur les vents qui soufflent à la limite extérieure de la zone de la mousson. Dans le mois de septembre, le vent est N. N. E., et en octobre il tourne vers le Nord. De novembre à janvier, sa direction moyenne varie de quelques degrés du N. vers l'O., et elle devient plus Ouest dans les mois suivants, de sorte qu'elle est presque O. N. O. en avril. En juin cependant, elle est presque de nouveau N. N. O. De juin à août les vents dominants sont S. O. et ils sont plus Sud en juillet. Le changement des moussons a lieu par conséquent en avril et mai d'un côté, et en août et septembre de l'autre. Les orages avec tonnerre ne sont pas communs; ils sont le plus fréquents en mars, juillet et août.

Nous avons vu que les vents alizés soufflaient des deux côtés vers le parallèle de latitude dans la zone torride, où la pression totale de l'atmosphère est la plus faible. Ce résultat s'accorde parfaitement avec cette hypothèse, qu'il faut nécessairement admettre comme probable, que l'air monte dans cet endroit. Dans mes précédents ouvrages j'ai démontré que le même fait est vrai pour les moussons, et il me suffira pour le travail présent d'en extraire les faits suivants.

L'air sec et la vapeur aqueuse qui s'y trouve répandue exercent une pression commune sur le baromètre. Il en résulte que la colonne barométrique est soumise à deux actions : l'une due à l'air sec et l'autre à la vapeur aqueuse. D'après cela il est évident que, puisque avec une élévation de la température, l'air augmente de volume, monte et se répand dans les couches

supérieures de l'atmosphère, tandis que par l'effet de la même élévation de température, l'évaporation est augmentée, et avec elle la force élastique de la vapeur contenue dans l'air; nous pourrions établir qu'il existe un rapport évident entre les variations périodiques du baromètre et celles de la température. Jusqu'à ce que nous puissions connaître exactement le rapport appréciable de ces deux variations, qui se produisent simultanément, mais dans des directions contraires, il nous sera impossible de déterminer si la pression totale est augmentée ou diminuée par une élévation de température, ou si pendant une période la variation totale n'a pas lieu dans une direction et pendant une autre dans la direction contraire. Nous considérerons cependant les variations de la pression de l'air sec et de la vapeur aqueuse séparément, afin de bien faire comprendre les observations barométriques périodiques. Nous avons pour cela les règles suivantes :

I. Sur tous les points où l'on a fait des observations, dans les zones torrides et tempérées, la force élastique de la vapeur aqueuse contenue dans l'air augmente avec une élévation de la température. Cette augmentation entre les mois les plus froids et les plus chauds est plus grande dans la région des moussons, surtout vers les limites Nord de cette région. La forme de la courbe qui représente la force élastique dans cette région n'est pas décidément convexe, parce que l'altération qu'éprouve la tension de la vapeur aqueuse pendant la mousson du S. O. est si faible qu'elle reste presque constante pendant plusieurs mois, et conséquemment le sommet de la courbe devient une ligne droite. Dans le voisinage de l'équateur, le point où la courbe qui était convexe dans l'hémisphère Nord devient concave dans l'hémisphère Sud est bien visible à Buitenzorg, Ile de Java. Le point où ce changement a lieu dans l'océan Atlantique paraît être plus au N. de l'équateur.

La table suivante¹ donne la tension de la vapeur aqueuse en millimètres pour une série de stations situées dans la région

¹ Voir aussi le troisième numéro des « Observations météorologiques » publiées par le *Board of trade*, Londres, 1861.

TENSION DE LA VAPEUR AQUEUSE.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Année.
Vakoustk.....					5.603	7.466	9.348	8.310	5.706	2.097			
Baganida, 1.....				1.037	2.165	4.556	7.917	6.970	3.789	2.481			
Ajansk, 2.....	0.947	1.555	2.007	2.842	4.445	6.225	8.707	9.205	7.085	5.465	1.894	1.410	4.127
Pekin, 12.....	2.050	2.526	3.405	5.480	8.255	12.808	18.158	16.872	11.569	6.585	3.548	2.290	7.781
Nangasaki.....	5.955	6.112	5.659	10.218	12.181	15.652	20.211	21.025	18.025	12.584	8.707	6.902	11.955
Hong Kong, 1.....	9.429	9.690	15.085	17.706	20.775	25.069	25.501	22.875	21.407	17.752	16.782	11.569	17.221
Nertschinsk, 9.....	0.760	0.586	1.445	2.720	5.445	8.729	11.279	7.085	5.977	2.412	1.150	0.565	4.150
Barnaul, 9.....	1.218	1.465	2.500	5.879	5.415	8.516	11.007	9.700	6.519	4.172	2.210	1.024	4.849
Tomsk, 1 1/3.....	1.601	1.082	1.981	3.870	6.180	9.358	12.080	11.659	7.551	5.854	1.556	1.916	5.255
Hogoslowsk.....	1.150	1.445	1.981	3.041	4.578	7.196	10.037	8.142	6.457	5.789	2.255	1.555	4.265
Sintoust.....	1.355	1.849	2.277	3.812	5.595	8.546	10.579	8.729	6.575	4.660	2.571	1.691	4.782
Catherinenbourg	1.415	1.804	2.255	3.475	5.500	7.985	10.421	8.752	6.466	4.150	2.658	1.826	4.691
Nishne Tagilsk.....	1.265	2.050	2.571	4.217	5.570	8.659	12.407	10.714	6.608	4.894	"	"	"
Orenbourg, 9.....	1.871	1.756	2.585	4.014	7.175	8.752	10.554	9.541	6.519	4.082	2.548	2.097	5.680
Derbent, 1 1/2.....	4.555	4.894	5.480	7.085	10.872	13.895	16.128	16.551	12.652	10.894	8.775	5.601	9.677
Baku, 7 2/3.....	5.097	5.097	5.895	7.601	14.008	17.281	17.820	15.805	15.895	11.429	7.940	6.189	10.265
Lenkoran, 7.....	5.500	6.000	6.992	9.090	15.452	15.652	17.820	17.754	14.775	12.086	8.659	5.819	10.872
Alexandropol.....	2.165	2.565	3.158	4.625	6.921	8.951	9.758	9.205	7.128	5.720	4.082	3.265	5.545
Alagir, 2.....	3.760	3.538	4.265	5.959	9.471	11.210	12.858	12.407	9.205	7.872	4.947	4.217	7.441
Tiflis, 15.....	5.789	4.405	4.668	6.585	9.226	10.609	12.090	12.155	10.475	8.210	6.088	4.576	7.647
Kutais, 5.....	4.827	5.255	5.729	7.756	11.549	14.608	16.060	17.255	15.792	10.354	7.530	5.255	9.905
Redout Kale, 8.....	4.917	5.255	6.022	8.187	11.075	14.189	16.414	17.684	15.648	10.962	7.689	5.518	10.129
Bainsk.....	2.255	1.175	3.609	5.790	6.406	7.781	9.295	8.864	7.691	5.480	5.203	2.097	5.210
Calcutta, 1.....	14.738	15.740	18.812	21.517	25.505	24.540	24.655	24.407	24.201	21.652	16.105	12.654	20.505
Bombay, 4.....	15.055	16.015	18.497	20.865	22.196	25.888	25.570	25.167	21.745	22.286	18.812	16.602	20.188
Madras, 5.....	17.751	17.977	20.617	25.212	22.805	21.587	20.662	21.291	22.016	21.812	18.687	18.559	20.500
Trevandrum, 9.....	18.584	18.767	20.592	21.905	21.905	21.547	20.685	20.547	20.547	20.911	20.450	19.261	20.392
Amboyn.....	22.084	21.948	21.855	21.812	21.855	21.677	20.662	20.888	21.001	20.888	21.452	21.136	21.589
Palembang.....	21.074	21.700	21.905	22.025	22.554	22.552	21.804	20.821	20.755	21.001	21.587	21.676	21.676
Buitenzorg.....	19.218	19.218	19.241	19.158	19.351	18.855	18.226	18.156	18.415	18.587	18.948	18.767	18.812
Banjoewangie.....	25.501	25.466	25.888	25.415	25.189	22.785	21.722	21.520	22.475	22.806	22.758	25.400	22.758

même de la mousson Nord on dans son voisinage immédiat. Les résultats ont été obtenus par des observations hygrométriques. La pression de l'air sec a été obtenue au moyen de la hauteur barométrique dont on a déduit la tension de la vapeur aqueuse. Les chiffres qui sont après quelques noms indiquent le nombre d'années desquelles les moyennes ont été déduites.

II. La variation dans la pression de l'air sec a lieu dans la direction contraire à celle de la vapeur aqueuse, puisqu'elle diminue des mois les plus froids aux mois les plus chauds. La diminution maximum a lieu toujours pendant le mois le plus chaud dans la zone tempérée, et conséquemment on l'observe en juillet dans l'hémisphère Nord et en janvier ou février dans l'hémisphère Sud. L'oscillation est la plus grande à la limite Nord de la mousson du N.; elle atteint un maximum de $35^{\text{mm}}26$ à Pékin; elle dépasse $25^{\text{mm}}39$ à Hong Kong, à Bénarès et à Barnaoul; elle atteint presque ce chiffre à Calcutta et à Yakoustk, et elle est encore au-dessus de $22^{\text{mm}}86$ dans la mer Caspienne. En Australie elle ne dépasse pas $20^{\text{mm}}30$ et dans l'Europe Occidentale elle est de $9^{\text{mm}}02$ environ.

Dans la table suivante la pression de l'air sec dans chaque mois est donnée comme la variation de la pression moyenne pour l'année.

PRESSION

PRESSION DE L'AIR SEC.

1. — Asie Nord.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Océa- nisation.
Yakouisk.....	8,458	10,057	1,506	-0,070	-5,621	-12,205	-15,580	-8,955	-1,792	0,879	6,541	12,654	750,59	21,859
Alansk.....	5,554	5,654	5,525	1,559	-0,874	-4,445	-8,546	-5,887	-5,558	2,505	5,789	2,310	751,59	12,744
Pékin.....	11,582	11,754	6,502	0,670	-5,910	-11,529	-20,775	-16,500	-5,505	4,886	8,210	15,805	755,08	55,207
Nangasaki.....	10,805	9,438	9,370	1,711	-2,601	-8,752	-15,090	-15,057	-8,952	0,812	7,105	9,819	719,00	25,851
Hong Kong.....	15,431	15,431	6,789	-0,195	-1,872	-9,857	-11,266	-11,098	-7,111	0,917	9,458	11,050	712,91	27,003
Seretchinsk (s).....	9,068	8,075	5,007	0,451	-5,029	-9,176	-12,417	-8,842	-2,572	5,205	5,855	6,651	701,51	21,812
— (s).....	9,068	7,955	1,189	-0,157	-1,610	-8,909	-12,455	-8,720	-1,495	2,797	5,541	6,492	702,01	21,201
Barnoul (s).....	11,501	9,205	5,084	2,007	-5,039	-12,651	-15,429	-11,610	-5,175	2,819	7,511	8,649	746,58	29,960
— (s).....	10,426	9,090	5,525	1,465	-1,218	-10,737	-15,495	-11,835	-5,044	2,759	7,781	8,652	746,71	25,985
Tomsk.....	11,750	15,561	7,550	2,567	-1,638	-10,872	-18,652	-12,732	-1,658	2,187	7,910	4,814	755,25	35,991
Bogoslovsk.....	5,007	5,501	5,405	1,105	-0,438	-6,698	-8,309	-1,711	-1,651	1,585	4,205	4,190	759,15	15,918
Slatoust.....	5,051	5,049	5,472	1,550	-1,488	-7,149	-10,105	-5,651	-0,711	2,450	5,052	5,744	731,71	15,768
Catherinenbourg, (s).....	5,703	4,376	3,089	1,604	-1,620	-9,560	-11,797	-7,917	-0,475	5,014	5,568	6,754	762,50	18,391
— (s).....	5,977	5,011	3,651	0,458	-10,090	-9,561	-9,496	-5,500	-0,067	1,490	5,585	2,545	752,70	15,542
Nishne Tagilsk.....	7,444	4,511	4,011	1,015	-1,060	-7,894	-11,411	-7,431	-0,218	1,575	5,016	5,854	758,65	18,808
F. Alexandrowsk.....	11,501	10,211	5,480	1,985	-1,011	-7,711	-11,087	-15,715	-2,277	6,498	5,676	5,505	755,55	25,577
Orenbourg.....	8,098	5,057	4,021	1,756	-3,475	-9,045	-12,715	-8,520	-1,561	2,954	7,872	5,855	762,92	20,815
Lagan.....	8,272	2,819	2,210	-0,731	-2,771	-5,515	-11,210	-6,456	-1,195	2,752	6,561	6,157	718,50	19,782

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobr.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
2. — Caucase et Tartarie.														
Derbent, ...	8.900	5.188	4.556	2.500	-2.007	-8.536	-11.084	-9.348	-5.586	2.050	4.624	7.040	733.47	20.505
Baku, ...	8.503	6.902	5.796	1.959	-3.505	-7.849	-12.052	-11.501	-4.082	2.582	6.561	6.909	756.31	21.156
Lenkoran, ...	9.025	6.102	4.737	0.789	-3.054	-8.819	-12.407	-10.891	-4.511	2.007	8.573	8.187	756.45	22.422
Novo Petrovsk, ...	7.401	6.676	4.625	0.654	-3.069	-8.861	-15.858	-9.654	-3.069	4.004	9.002	6.054	755.11	20.662
Aralsk, ...	11.536	6.504	6.451	-0.544	-4.554	-15.376	-10.024	-9.752	-5.812	5.789	12.407	7.604	714.57	27.087
Aralich, ...	9.812	5.204	4.415	-1.871	-1.871	-7.058	-10.804	-8.804	-3.022	2.714	5.935	6.475	685.10	18.677
Balmsk, 3, ...	9.283	7.836	5.570	0.248	-5.054	-10.376	-17.374	-9.970	-2.684	4.826	8.458	7.579	745.66	26.573
Alexandropol, 5 1/2, ...	5.789	1.150	0.596	-0.992	-1.094	-4.578	-4.837	-5.586	-0.305	4.000	5.994	2.545	629.50	8.890
Alagitz, ...	5.586	2.752	2.526	0.190	-5.067	-5.435	-7.694	-6.295	-0.406	5.076	6.000	4.172	705.17	15.692
Tiflis, ...	6.175	5.270	2.897	-0.022	-5.069	-5.055	-8.120	-6.789	-2.062	2.567	5.455	5.595	730.35	14.595
Kutais, 3, ...	8.656	5.505	4.708	1.015	-3.500	-6.505	-10.458	-10.551	-5.812	1.535	4.827	7.534	711.35	18.903
Redout Kal ^a , 8, ...	7.570	5.815	5.749	-0.586	-3.711	-7.091	-11.300	-12.458	-5.705	-0.067	5.651	6.008	754.50	10.480
Petigorsk, 2, ...	4.445	4.714	2.797	0.515	-4.351	-5.905	-8.385	-5.925	-0.451	0.744	5.205	4.551	711.12	15.058
Trebizonde, ...	4.508	4.776	4.462	1.556	-0.196	-8.867	-5.458	-5.458	-1.445	1.619	1.634	6.395	754.22	15.184
Constantinople, ...	5.944	2.458	2.684	-0.857	-1.691	-5.842	-6.302	-6.731	-1.759	2.022	5.385	4.586	749.21	12.156
3. — Indoustan.														
Calcutta, 4 (a), ...	10.508	5.099	1.782	-1.782	-0.265	-9.925	-10.669	-8.707	-6.347	0.067	9.155	11.160	756.00	22.500
— (b), ...	15.318	9.451	2.842	-5.158	-0.475	-11.050	-10.849	-9.541	-6.370	0.406	7.617	15.875	751.91	21.904
Bénarès, ...	15.359	11.405	8.707	4.187	-2.050	-11.379	-17.849	-14.351	-9.226	-1.555	7.840	15.785	754.40	31.602
Nasirabad, ...	11.415	8.500	6.549	5.676	0.155	-10.849	-15.925	-14.459	-8.775	5.515	7.756	9.370	706.89	27.049
Madras, ...	6.812	5.942	1.195	-5.022	-5.616	-4.902	-5.128	-5.180	-2.904	-0.699	4.550	5.585	748.97	11.775
Trevandrum, ...	5.240	2.300	-0.067	-2.458	-3.022	-2.842	-0.580	-0.305	0.325	-0.040	0.585	2.142	753.72	0.090
Bombay, 4, ...	8.291	6.857	5.022	-1.173	-3.676	-6.077	-7.508	-7.015	-2.946	-1.404	8.658	7.131	757.81	16.509
Poonah, ...	7.444	5.865	0.744	-0.744	-0.502	-9.905	-9.205	-7.105	-1.217	1.210	4.608	9.405	694.15	19.509
Mertara, ...	4.495	5.022	-0.545	-0.857	-1.445	-5.208	-5.378	-2.940	-2.977	-1.810	1.960	7.535	648.11	12.681
Dodaballa, ...	2.505	2.187	2.842	0.196	-1.001	-2.405	-2.108	-1.800	-1.579	-2.354	0.970	1.640	549.50	5.794
Colombo, ...	5.412	2.970	1.836	-1.836	-2.505	-2.070	-0.067	-1.105	-0.789	-0.451	-0.760	5.518	750.70	0.022

4. — Hémisphère Sud.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
Batzenorg.....	-0.435	-0.140	-0.451	-0.511	-0.851	-0.990	0.151	0.780	0.879	0.651	0.365	-0.015	718.70	"
Soullac.....	-7.511	-0.270	-2.812	-1.657	2.120	1.801	7.210	7.085	5.009	1.255	-5.789	-4.757	759.16	11.595
Port Jackson.....	-8.617	-0.495	-1.210	-0.769	3.195	0.812	9.190	0.555	1.550	-1.991	-5.558	-5.564	755.02	18.115
Melbourne.....	-3.105	-3.761	-0.765	2.774	4.210	5.105	0.009	4.161	-1.015	-2.518	-4.025	-0.076	716.55	8.075
Hobart.....	-2.187	-0.851	-0.225	0.711	1.550	2.050	2.255	1.218	0.225	0.022	-5.265	-1.871	718.70	5.535
Ville du Cap.....	-5.955	-0.090	-5.451	-1.050	2.295	4.081	0.000	5.169	5.711	0.924	-2.255	-4.759	755.97	12.050
Rio-Janeiro.....	-1.871	-3.505	-4.057	-2.684	2.977	5.819	8.661	4.598	5.558	0.886	-2.112	-5.921	710.17	11.910
San-Jago.....	-2.518	-5.069	-1.768	-0.248	0.051	2.523	2.150	2.812	1.115	1.082	-0.947	-2.007	711.65	5.952

III. Les variations périodiques de la pression atmosphérique découlent immédiatement de l'action combinée de ces deux fluctuations. Dans toute l'Asie, la courbe qui représente la pression barométrique coïncide très-exactement avec celle qui représente la pression de l'air sec pendant toute l'année; c'est-à-dire, elle a une forme concave et elle atteint un minimum en juillet. Cette tendance est surtout sensible dans la Russie d'Europe et s'étend dans l'O. jusqu'au méridien de Saint-Petersbourg; elle est plus clairement indiquée à mesure qu'on approche des monts Ourals. — Ce phénomène est bien visible dans les tables suivantes :

FLUCTUATIONS DU BAROMÈTRE.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Jun.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
1. — Asie Nord.														
Yakouisk, 1° 30'...	5.480	7.040	7.720	-1.488	-5.265	-7.910	-7.553	-6.404	0.812	-0.225	5.789	0.077	755.86	17.016
Udskol, 1°.....	7.010	4.415	4.891	4.834	-2.771	-3.525	-5.796	-7.060	-3.112	-0.902	2.484	4.704	751.60	15.000
Ajansk, 2°.....	0.180	1.060	3.915	4.040	-0.714	-2.315	-3.700	-0.699	-0.385	1.871	1.325	-0.766	758.71	7.060
Pékin, 12°.....	0.720	6.970	2.348	-1.604	-5.455	-9.495	-10.370	-7.466	-1.894	1.887	6.492	8.323	715.71	19.401
Nangassaki.....	4.601	3.580	3.490	-0.045	-2.452	-5.074	-4.894	-5.977	-2.861	1.310	3.714	1.729	761.25	10.782
Hakodaki.....	0.094	4.601	4.037	2.037	-0.358	-3.915	-5.022	-3.465	-1.468	2.075	2.522	-3.946	757.12	7.500
Nafa, 1°.....	5.854	5.676	5.325	1.398	1.894	-3.365	-2.946	-6.365	-3.870	-0.451	3.870	4.346	760.54	11.140
Macao.....	4.737	5.854	2.910	-1.240	-1.553	-3.865	-6.255	-3.255	-0.077	0.200	2.999	5.480	755.19	11.546
Canton.....	7.128	5.186	5.135	-1.150	-3.405	-1.172	-0.015	-6.000	-0.555	0.101	1.624	2.037	701.15	11.053
Hong Kong.....	5.812	5.278	2.638	-0.015	-1.325	-1.063	-8.910	-5.438	-0.714	1.624	2.037	5.165	701.15	11.053
Shanghai.....	8.415	7.421	5.196	-1.465	-5.142	-8.819	-10.311	-9.141	-2.052	2.819	0.638	8.700	701.81	18.655
Nertschinsk, 17°.....	5.278	4.511	2.322	-0.070	-1.711	-1.894	-3.195	-3.761	-0.581	1.959	2.051	5.011	705.65	10.801
— 9°.....	5.278	5.029	1.804	-1.570	-4.555	-4.708	-5.007	-3.248	0.651	1.525	2.567	3.112	701.00	10.286
Irkoutsk, 15°.....	0.065	2.180	2.607	-1.120	-3.854	-6.302	-7.940	-6.112	-1.556	2.165	3.904	1.415	721.15	13.553
Barnaul, 30°.....	7.020	5.910	2.616	1.057	-3.011	-8.054	-0.025	-6.707	-1.814	2.430	4.872	5.435	751.58	16.002
— 9°.....	6.854	5.706	2.801	0.518	-0.654	-7.030	-0.358	-7.015	-1.375	2.050	5.119	4.801	715.52	16.173
Tomsk.....	8.038	11.973	1.062	1.057	-3.741	-0.714	-11.775	-6.338	-2.277	0.783	1.265	1.180	758.43	19.872
Tobolsk, 6°.....	6.370	6.475	2.435	0.175	-0.248	-5.020	-5.865	-5.651	-1.217	-0.879	2.165	2.842	737.91	12.455
Begostovsk, 17°.....	1.871	0.511	1.137	-0.024	-0.155	-3.769	-5.138	-0.851	0.248	0.812	2.253	1.918	745.15	6.022
Slatoust, 19°.....	2.481	0.902	0.992	0.500	-0.676	-5.901	-1.386	-1.091	0.157	1.180	2.812	0.051	751.15	7.146
Catherinenbourg, 22°.....	2.458	0.812	0.900	0.180	-1.375	-4.762	-4.616	-2.406	2.500	1.782	2.567	2.077	737.15	7.759
— 9°.....	2.797	0.150	0.535	-0.760	0.001	-5.067	-2.780	-1.940	1.001	0.857	3.370	-0.511	737.15	7.000
Nishne Taglisk.....	3.428	1.323	1.265	-0.040	-0.789	-1.445	-1.305	-1.984	1.000	0.992	2.977	0.385	745.06	7.872
Beresow.....	1.570	1.801	5.253	4.475	-1.150	-5.901	-5.812	4.376	-2.222	-0.007	1.001	-0.550	754.10	0.000
Tscherdyn, 1°.....	5.370	-3.851	6.851	-2.435	-3.175	-3.706	-5.142	0.714	0.191	-8.156	5.029	11.180	717.15	9
Orenbourg, 13°.....	4.308	1.782	0.879	0.714	-1.265	-5.061	-7.945	-5.039	-0.175	1.084	1.615	2.707	751.81	11.001
— 10°.....	4.922	1.070	2.077	0.721	-1.355	-5.500	-0.676	-1.011	-0.451	2.007	5.591	2.345	757.31	12.077
F. Alexandrowka.....	5.525	1.872	1.265	-0.358	-2.017	-5.960	-0.225	-3.825	0.470	2.861	1.801	-1.995	765.19	11.753

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
2. — Caucase et Tartarie.														
Derbent.....	3.90	0.10	0.18	-0.57	-0.02	-1.41	-4.98	-2.83	-0.40	5.21	2.37	3.01	763.11	8.88
Baku.....	3.35	1.75	1.03	-0.71	-1.08	-1.08	-3.61	-3.92	-0.15	5.47	3.03	2.83	766.18	8.97
Lenkoran.....	4.37	1.33	0.73	-0.50	-1.39	-1.08	-3.52	-4.01	-0.61	5.22	3.78	3.13	767.33	9.90
Noro-Petrovsk, 6...	3.18	1.68	0.88	-1.17	-2.09	-1.43	-5.66	-3.83	-0.58	4.10	4.79	3.13	762.91	8.83
Aralak, 2.....	6.37	1.84	2.72	-1.41	-2.35	-2.01	-11.16	-3.34	-1.11	6.00	9.36	2.43	751.38	50.80
Aralich, 2 ?.....	5.72	1.38	-0.83	-1.68	-0.79	-3.83	-3.32	-1.31	-0.45	2.73	3.62	3.35	635.71	11.03
Baïmsk.....	6.31	3.73	3.92	0.81	-2.15	-7.81	-10.09	-0.33	-0.22	4.62	6.37	1.13	733.87	16.01
Alexandropol.....	0.78	-1.86	-1.86	-2.00	-0.49	-1.61	-1.13	0.04	1.35	4.15	2.61	-0.13	635.19	*
Alagir.....	-0.09	-1.37	-0.65	-1.33	-1.03	-1.66	-2.37	-1.31	1.24	4.10	3.17	0.91	710.60	*
Tiflis, 11.....	2.39	-0.37	-0.09	-1.33	-1.35	-2.05	-3.69	-2.31	0.13	3.13	3.83	2.37	721.83	6.29
Kuiais, 3.....	3.31	0.63	0.15	-1.13	-3.72	-2.13	-3.96	-3.62	-0.02	1.80	2.35	2.88	731.17	7.33
Redout Kalé.....	3.40	0.33	0.50	-1.36	-0.56	-2.36	-3.63	-3.33	-0.36	2.63	2.43	2.74	715.21	7.03
Petigorsk.....	0.76	0.90	-1.08	-1.37	-2.63	-1.77	-3.63	-1.13	1.11	5.41	1.22	1.24	718.43	*
3. — Europe orientale.														
Tribizonde.....	0.06	0.61	1.01	-0.09	0.37	-3.92	-1.11	-1.11	-0.02	3.38	3.17	2.66	758.01	*
Constantinople.....	1.08	0.99	1.80	-2.79	-1.10	-2.29	-2.50	-2.03	0.90	2.30	4.10	1.80	760.62	*
Kasan, 15.....	2.34	2.12	1.61	1.15	-0.83	-3.31	-3.03	-3.13	0.00	2.18	0.47	2.70	754.70	7.79
Lugan, 14.....	4.37	-0.36	-0.43	-1.50	-1.35	-4.03	-3.07	-2.31	0.36	2.61	4.31	2.97	752.62	9.03
Nicolaïef, 12.....	3.01	0.99	0.01	-1.79	-1.83	-2.39	-3.19	-1.32	0.67	1.33	2.69	2.61	733.70	6.31
Odessa, 10.....	2.25	0.11	0.38	-1.39	-1.21	-2.21	-2.61	-1.37	-0.01	1.28	3.19	4.17	738.92	6.78
Kalouga, 6.....	1.39	-0.61	0.56	-1.01	-0.13	-1.06	-2.61	-1.36	0.27	3.33	3.08	-1.63	718.18	5.95
Moscou, 11.....	3.12	-2.07	-1.05	-0.79	-0.36	-1.53	-3.42	-0.09	2.52	1.28	2.18	2.65	753.31	7.85

FLUCTUATIONS DU BAROMÈTRE.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Jun.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
4. - Asie Nord.														
Yakouisk, 1° 3' ..	5.480	7.060	1.720	-1.488	-5.255	-7.910	-7.554	-6.302	0.812	-0.325	5.760	9.077	755.88	17.010
Usskoi, 1.....	7.940	4.145	1.894	1.833	-2.744	-5.565	-5.786	-7.060	-5.112	-0.902	2.464	1.508	751.60	15.000
Alansk, 1.....	0.180	1.060	5.275	1.940	-0.744	-2.515	-5.700	-0.690	-0.385	1.871	1.555	-0.766	758.71	7.000
Pekin, 12.....	8.720	6.970	2.540	-1.601	-5.155	-9.205	-10.370	-7.460	-1.891	2.887	6.495	8.345	755.71	19.101
Nangasaki.....	4.404	5.386	3.480	-0.025	-2.155	-5.071	-1.801	-5.977	-2.864	1.240	5.714	1.729	761.55	10.762
Hakodaki.....	0.024	4.601	4.057	2.037	-0.558	-5.915	-5.022	-5.465	-1.184	2.522	2.522	-2.946	752.12	7.550
Nafa, 1.....	5.854	5.676	3.255	1.596	-1.565	-5.385	-5.946	-6.555	-3.879	-0.551	5.270	1.546	760.51	11.190
Macao.....	4.757	5.854	2.910	1.240	-1.555	-5.865	-5.365	-5.355	-0.917	0.500	2.999	5.480	765.19	11.546
Canton.....	7.126	5.186	5.155	-1.150	-5.465	-1.172	-6.045	-6.000	-5.535	0.409	1.469	5.791	759.50	15.105
Hong Kong.....	5.812	5.478	2.678	-0.015	-1.555	-1.062	-8.310	-5.458	-0.711	1.024	2.071	5.165	761.15	11.055
Shanghai.....	8.415	7.141	5.126	-1.465	-5.144	-8.819	-10.314	-9.141	-2.052	2.819	6.078	8.500	761.81	18.655
Nettchinsk, 17.....	5.378	4.511	2.322	-0.970	-1.711	-1.804	-5.095	-5.261	-0.581	1.950	2.051	5.011	765.65	10.804
— 9.....	5.378	5.699	1.404	-1.579	-1.555	-1.508	-5.007	-5.348	0.651	1.575	2.567	5.112	761.00	10.866
Irkoutsk, 15.....	6.985	5.480	5.047	-1.120	-5.851	-6.302	-7.940	-6.112	-1.556	2.165	5.904	1.435	751.45	15.055
Barnaul, 30.....	7.622	5.910	3.616	1.057	-5.011	-8.051	-9.085	-6.767	-1.811	2.140	1.872	5.155	751.58	16.092
— 9.....	0.854	5.706	2.864	0.518	-0.651	-0.703	-9.558	-7.015	-1.375	2.050	5.119	4.801	745.59	10.175
Tomsk.....	8.036	11.275	4.063	1.057	-5.731	-6.711	-11.775	-6.558	-2.377	0.789	1.915	1.120	758.15	19.879
Tobolsk, 6.....	6.270	0.175	5.495	0.475	0.244	-5.059	-5.865	-5.651	-1.217	-0.879	2.165	2.842	757.94	12.155
Bogoslowsk, 17.....	1.871	0.511	1.127	-0.042	-0.155	-5.789	-5.136	-0.894	0.518	1.180	2.855	1.318	745.45	7.028
Slatouski, 10.....	2.461	0.992	0.992	0.500	-0.676	-5.001	-1.366	-1.691	0.187	1.782	2.567	2.977	757.15	7.159
Catherinebourg, 22.....	2.458	0.812	0.400	0.180	-1.575	-1.762	-1.046	-2.465	2.500	1.782	3.370	-0.511	757.15	7.080
— 9.....	2.797	0.150	0.535	-0.789	0.001	-5.007	-5.789	-1.210	1.001	0.857	5.370	-0.511	757.15	7.080
Nishne Tagilsk.....	5.458	1.275	1.285	-0.040	-0.789	-1.445	-1.365	-1.591	1.080	0.992	2.977	0.585	745.90	7.872
Bereznov.....	1.379	1.801	5.255	1.195	-1.150	-5.001	-5.812	4.576	-2.322	-0.001	1.001	-0.530	756.10	9.008
Tcherdyn, 1.....	5.570	1.782	0.879	0.711	-5.475	-5.796	-5.112	0.714	0.194	-8.548	5.030	11.180	747.15	7.000
Orenbourg, 15.....	4.598	1.782	0.879	0.711	-1.285	-5.661	-7.015	-5.689	-0.475	1.981	1.615	2.707	751.81	11.001
— 10.....	4.922	1.070	2.071	0.721	-1.555	-5.500	-6.676	-1.011	-0.151	2.007	5.291	2.545	757.24	12.017
F. Alexandrowka.....	5.525	4.872	1.265	-0.558	-2.977	-5.569	-6.385	-5.895	0.270	2.864	1.804	-1.455	765.19	11.758

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
2. — Caucase et Tartarie.														
Derbent.....	3.90	0.10	0.8	-0.57	-0.79	-1.11	-1.98	-3.85	-0.10	5.31	2.57	3.01	765.11	8.88
Baku.....	3.35	1.75	1.03	-0.74	-1.08	-1.08	-5.61	-5.79	-0.15	5.17	4.05	2.85	766.48	8.97
Lenkoran.....	4.57	1.35	0.73	-0.99	-1.39	-1.08	-5.52	-4.01	-0.61	5.22	5.78	5.15	767.55	9.90
Novo-Petrovsk, 6..	3.18	1.66	0.88	-1.17	-2.09	-1.15	-3.06	-5.85	-0.58	4.10	4.79	5.15	763.91	8.85
Aralak, 2.....	0.37	1.38	2.72	-1.11	-2.25	-0.04	-11.16	-5.34	-1.41	0.00	9.26	2.45	754.58	50.20
Aralak, 2 = 3.....	5.72	1.58	0.85	-1.68	-0.79	-3.85	-5.72	-1.31	-0.15	9.75	5.62	5.35	635.71	11.05
Bainsk.....	6.34	3.75	5.92	0.81	-2.45	-7.84	-10.69	-6.55	-0.22	4.62	6.57	4.15	753.87	16.01
Alexandropol.....	0.28	-1.80	-1.85	-2.00	-0.40	-1.61	-1.15	0.01	1.55	1.15	2.61	-0.15	655.10	5
Alapir.....	-0.69	-1.37	-0.65	-1.55	-1.05	-1.66	-2.27	-1.31	1.24	4.10	5.17	0.91	710.60	5
Tiflis, 11.....	2.59	-0.37	-0.69	-1.55	-1.55	-2.95	-5.69	-2.51	0.15	5.15	5.85	2.27	721.85	6.20
Kutais, 5.....	5.51	0.65	0.15	-1.15	-5.72	-2.15	-5.96	-5.02	-0.02	1.80	2.35	2.86	751.17	7.55
Redout Kalé.....	5.40	0.55	0.70	-1.26	-0.56	-2.56	-5.63	-5.55	-0.56	2.05	2.45	2.74	755.31	7.05
Petigorsk.....	0.76	0.90	-1.08	-1.37	-2.65	-1.77	-5.65	-1.15	1.15	5.41	1.22	1.21	718.45	5
3. — Europe orientale.														
Trebiunde.....	0.05	0.67	1.01	-0.69	0.37	-5.52	-1.41	-1.11	-0.02	5.58	5.17	2.66	753.61	5
Constantinople.....	1.68	0.90	1.80	-2.79	-1.10	-2.29	-2.50	-2.01	0.30	2.50	4.10	1.80	760.52	5
Kasani, 15.....	2.51	2.12	1.61	1.15	-0.85	-5.51	-5.03	-5.15	0.00	2.18	0.47	2.70	754.70	7.79
Lugan, 11.....	4.57	-0.56	-0.42	-1.50	-1.56	-4.05	-5.07	-2.51	0.56	2.61	4.31	2.97	752.62	9.65
Nicolaeff, 12.....	5.01	0.99	0.01	-1.50	-1.85	-2.59	-5.19	-1.12	0.67	1.55	2.69	2.61	735.70	6.34
Odessa, 10.....	2.25	0.11	0.58	-1.39	-1.31	-2.31	-2.61	-1.57	-0.01	1.28	5.19	1.17	756.92	6.78
Kalouga, 6.....	1.59	-0.61	0.56	-1.01	-0.15	-1.66	-2.61	-11.56	0.27	5.55	5.08	-1.61	718.48	5.95
Moscou, 11.....	5.42	-2.67	-1.05	-0.79	-0.56	-1.55	-5.42	-0.97	2.52	1.28	2.18	2.07	755.51	7.95

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne	Oscilla- tion.
4. — Afrique.														
Aden, ...	5.11	3.51	1.82	-0.03	-2.40	-4.18	-5.03	-4.88	-1.82	1.86	4.31	4.09	751.48	10.33
Le Caire, ...	2.15	3.35	-0.11	-2.01	-1.57	-2.00	-4.39	-3.78	0.49	0.88	2.40	4.46	729.55	8.85
Mostaganem, 2, ...	2.40	2.45	-0.90	-0.71	-2.38	-0.62	-2.85	-1.05	-0.38	-0.85	-0.09	3.60	733.97	4.82
Oran, 12, ...	2.16	1.46	0.65	-1.01	-1.60	-0.71	-0.97	-1.35	-0.97	-1.06	0.90	2.59	759.45	4.19
Alger, ...	0.61	0.43	-0.03	-0.35	-0.29	-1.17	-0.63	-0.18	0.15	1.86	-0.40	1.68	"	2.85
5. — Indoustan.														
Bombay, 5, ...	3.19	2.81	1.46	-0.40	-1.20	-4.21	-4.05	-2.54	-0.61	0.45	2.05	3.38	757.20	7.54
Poonah, ...	1.19	2.05	0.76	-0.76	-4.12	-4.37	-3.42	-2.05	-0.09	0.67	3.08	3.69	709.18	8.37
Mercara, ...	1.11	2.05	0.81	0.15	-0.21	-0.92	-1.12	-2.00	-1.10	-0.76	0.61	1.19	692.21	1.05
Seringapatam, ...	4.19	2.95	0.92	-1.12	-1.29	-2.51	-1.95	-1.91	-1.41	0.56	0.90	1.22	697.58	6.54
Nasirabad, ...	6.06	3.85	2.05	-0.29	-3.22	-6.06	-6.65	-5.36	-2.50	1.75	4.96	5.46	717.16	12.72
Mousserpour, ...	6.00	1.46	1.55	-0.51	-1.96	-5.54	-6.29	-5.02	-5.11	1.42	5.63	5.85	748.10	12.29
Nasera, ...	5.27	3.98	1.25	-0.18	-2.25	-5.16	-5.29	-1.96	-2.29	1.35	3.75	4.61	711.17	10.37
Benarès, ...	6.91	1.42	2.70	-1.15	-5.47	-7.35	-7.82	-5.16	-2.50	1.86	4.57	6.99	748.48	11.74
Calcutta, 10, ...	9.85	5.32	1.86	-1.28	-5.51	-6.12	-7.70	-5.81	-2.66	0.15	3.49	7.25	754.70	17.36
— 6, ...	5.90	1.41	2.05	-0.97	-5.16	-6.09	-6.51	-4.81	-2.74	1.22	4.75	0.29	756.48	12.81
Agra, ...	0.45	5.00	2.84	-2.05	-5.06	-7.11	-6.69	-5.31	-2.04	2.52	4.84	6.90	742.51	11.51
Madras, 5, ...	1.01	3.27	1.24	-0.36	-3.35	-5.90	-5.31	-2.41	-1.18	0.56	2.60	3.11	757.95	7.91
Trevandrum, ...	1.14	0.76	-0.07	-0.91	-1.50	-1.01	-0.29	-0.31	0.07	0.15	0.45	1.01	754.42	2.71
Singapour, ...	0.85	0.76	0.00	0.04	-0.51	-0.65	-0.40	-0.11	0.04	0.51	-0.45	0.00	759.02	1.48
Manille, ...	3.55	2.11	1.10	0.01	-1.40	-2.25	-2.25	-2.59	-2.26	-0.85	0.10	3.92	758.31	6.15
Canton, ...	7.09	5.18	3.45	-1.15	-3.40	-4.17	-0.06	-6.00	-5.35	0.10	1.48	5.79	739.50	15.19
Macao, ...	4.73	3.85	2.90	-1.31	-1.55	-5.86	-5.31	-5.35	-0.94	0.90	2.69	5.48	765.16	11.54
Trihoon, ...	7.80	3.08	0.62	-2.14	-3.49	-6.30	-6.71	-5.52	-3.87	1.29	4.57	5.68	746.48	11.45
Ava, ...	5.79	2.90	1.28	-0.70	-2.66	-5.07	-1.48	-3.90	-2.51	0.25	2.79	5.09	751.11	10.38
Saharumpur, ...	6.06	5.57	3.85	-1.35	-1.58	-5.59	-10.10	-7.06	-1.04	-1.19	2.89	6.22	730.62	17.07
Mahabulnagar, ...	1.35	2.05	0.11	-0.45	-1.05	-0.49	-2.11	-0.95	-4.06	3.20	1.24	1.40	637.68	5.54
Onsacmund, ...	5.85	5.08	1.96	0.56	-1.50	-2.72	-2.85	-5.30	-2.05	-0.02	0.71	5.51	585.47	7.11
Dodabetta, ...	0.88	1.53	2.18	1.28	0.22	-2.05	-1.82	-1.08	-1.06	0.11	0.79	-0.07	520.91	4.31

LATITUDE NORD.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne
6. — Océan Atlantique Nord.													
35° — 50°	0.84	0.02	-5.75	-1.84	0.74	1.08	0.85	-0.61	-1.50	-0.67	-1.42	-0.74	*
50 — 25	0.47	2.09	-0.67	0.41	1.80	1.84	-0.97	0.31	-1.52	-0.51	-3.17	0.70	*
25 — 10	0.58	0.72	0.61	0.41	1.40	1.92	0.27	-0.15	-1.35	-0.25	-1.73	-2.21	*
10 — 5	-0.20	1.15	0.58	-0.41	0.94	0.40	-0.47	-0.28	-0.58	-0.58	-0.85	-0.25	*
5 — 0	-0.51	0.09	0.32	0.15	0.74	0.16	0.20	-0.76	-0.85	-0.78	-0.15	-0.20	*
0 — 5	-0.47	0.31	-0.47	-0.20	0.25	-0.18	0.90	0.22	0.25	-0.20	0.40	-0.36	*
5 — 0	-0.81	0.03	-0.97	-0.67	-0.15	-0.45	1.57	0.72	1.75	0.67	-0.02	-0.37	*
Moyenne.....	-0.02	0.65	-0.65	-0.20	0.85	0.65	0.61	-0.16	-0.52	-0.25	-1.42	-0.25	*
Saint-Michel, 10....	0.40	-0.90	1.37	1.05	0.53	0.72	1.95	-0.01	1.60	-1.98	-2.41	0.00	705.00
Funchal, 3.....	1.08	0.56	-0.67	-2.03	0.25	0.50	-0.11	0.02	-0.27	0.16	-0.85	2.11	702.58

LATITUDE SUD.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem- bre.	Octobre.	Novem- bre.	Décem- bre.	Moyenne
7. — Océan Atlantique Sud.													
0° — 5°	-1.50	-0.81	-1.50	-0.70	-0.09	-0.20	1.10	1.40	1.80	0.19	-0.03	-0.81	*
5 — 10	-0.90	-1.10	-0.61	-1.40	0.20	0.70	0.90	0.00	1.50	1.10	0.29	-0.49	*
10 — 15	-1.40	-1.10	-1.29	-0.91	0.30	0.40	0.61	0.81	1.18	1.19	0.29	-0.61	*
15 — 20	-1.10	-1.19	-1.19	-0.81	0.70	0.70	0.50	1.68	1.40	1.40	-0.20	-0.20	*
20 — 25	-0.99	-1.41	-0.72	-1.41	0.00	0.97	0.25	1.55	1.75	2.05	-0.58	-0.05	*
25 — 30	-0.19	-1.10	-0.90	-1.75	1.10	-0.01	0.50	2.03	0.99	1.08	-0.40	-0.29	*
30 — 56	-1.75	-1.21	0.00	-1.21	0.76	0.09	1.59	-1.10	0.49	1.00	0.52	-1.68	*
Moyenne.....	-1.12	-1.12	-0.90	-1.15	0.40	0.58	0.85	1.21	1.50	1.25	-0.04	-0.61	*

Dans les tables (7 et 8) qui ont rapport à l'hémisphère Sud, les saisons sont comptées comme dans l'hémisphère Nord : soit, pour l'hiver, de décembre à février; pour l'été, de juin à août.

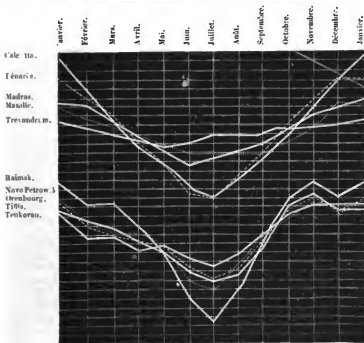
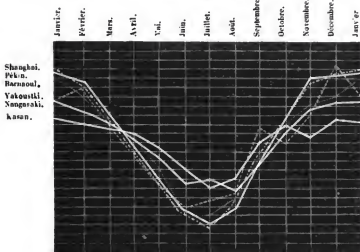
7. — Océan Atlantique Sud (suite).

LATITUDE Sud.	HIVER.	PRIN- TEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	MOYENNE.	OSCILLA- TION.
0° — 5°	— 0,92	— 0,65	0,79	0,79	760,44	1,70
5 — 10	— 0,76	— 0,76	0,68	0,97	761,40	1,75
10 — 15	— 0,97	— 0,76	0,70	0,61	762,15	1,77
15 — 20	— 0,97	— 0,56	0,97	0,58	763,63	1,93
20 — 25	— 1,06	— 0,74	0,79	2,00	764,64	4,01
25 — 30	— 0,85	— 0,65	0,79	0,65	764,56	1,55
30 — 35	— 1,57	— 0,48	0,85	0,88	765,54	2,66

8. — Océan Indien.

LATITUDE Sud.		HIVER.	PRIN- TEMPS.	ÉTÉ.	AU- TOMNE.	MOYENNE.	OSCILLA- TION.
10° — 25°	19°,5	— 0,49	— 0,09	0,54	0,56	765,21	0,99
20 — 26	23	— 1,68	— 0,52	1,80	1,55	765,85	5,49
25 — 28	25,5	— 2,59	— 0,99	2,90	0,99	765,95	5,43
27 — 31	28	— 2,70	— 0,49	2,50	0,85	765,70	5,21
30 — 35	31,5	— 5,35	— 0,25	5,85	0,15	765,89	7,47
35 — 50	54	— 1,82	0,18	1,40	1,03	761,89	5,22

Dans les dessins ci-contre j'ai figuré par un trait blanches raréfactions qui ont été observées dans les régions où ce phénomène est le plus remarquable.



Si nous cherchons à déterminer la région dans laquelle la raréfaction atteint une valeur maximum dans l'hémisphère Nord, nous trouvons qu'elle excède $9^{\text{mm}} 02$ sur un espace dont la limite Sud se dirige de Barnaoul aux côtes de la mer d'Aral; de là elle tourne à l'E. de manière à enfermer tout le plateau de Gobi; elle embrasse même Shanghai et Pékin sur la côte Est d'Asie, tandis que Bénarès et Calcutta sont tout juste comprises dedans. L'espace dans lequel la raréfaction varie entre $4^{\text{mm}} 51$ et $9^{\text{mm}} 02$ renferme le côté Est de la chaîne des monts Oural qui git au S. de Catherinenbourg, le Steppe des Kirghis, la mer Caspienne, la Perse, l'Afghanistan, l'Arabie du Sud, le bassin arrosé par l'Indus, la vallée du Gange, la partie au N. de la Birmanie et le S. de la Chine. Sa limite tourne au N. entre Canton et les îles Philippines; elle traverse le Japon et va jusqu'à la côte de la Mantchourie. La limite extrême de cet espace dans l'océan Pacifique, c'est-à-dire le point où la raréfaction cesse d'être appréciable, est encore indéterminée. La limite Ouest part des environs de Saint-Petersbourg et se dirige dans le S., enfermant la côte Ouest de la mer Noire, l'Asie Mineure, la Syrie et l'Egypte. On peut déterminer avec une très-grande exactitude le point où cette limite rencontre la côte d'Afrique, parce que Palerme et Tripoli sont en dehors, comme on peut le voir par la table ci-dessous.

	TRIPOLI.	PALERME.		
	BAROMÈTRE.	BAROMÈTRE.	AIR SEC.	TENSION de la vapeur aqueuse.
Janvier.....	3,112	0,112	4,014	8,185
Février.....	— 0,551	0,358	4,082	8,120
Mars.....	— 2,187	— 0,924	1,822	9,135
Avril.....	— 1,488	— 1,375	0,609	9,905
Mai.....	— 1,736	— 0,360	0,457	11,391
Juin.....	0,744	0,518	— 1,939	14,347
Juillet.....	0,112	0,112	— 5,074	17,073
Août.....	0,518	0,157	— 4,511	16,559
Septembre.....	0,496	0,766	— 5,022	15,677
Octobre.....	— 0,045	0,475	— 1,375	13,753
Novembre.....	— 0,360	0,313	1,782	10,425
Décembre.....	1,350	— 0,225	5,905	8,458
Année.....	764,54	784,65	742,79	11,887

Les observations faites en Algérie montrent clairement la déviation de la courbe barométrique, ce qui n'a pas lieu dans celles faites aux Açores et aux Iles Canaries. Il est probable aussi que le désert de Sahara est compris dans la région de raréfaction, parce qu'il a été prouvé que l'Abyssinie en faisait partie.

La distribution de la pression atmosphérique ne s'accorde pas directement avec celle de la température. Dans le mois de juillet, les lignes isothermes en Abyssinie et en Arabie forment une courbe fermée qui entoure un espace dans lequel la température atteint une valeur maximum. A partir de ce point, la température diminue matériellement vers la région de raréfaction maximum dans l'Asie Nord. Quant à la limite Ouest, la coïncidence avec les lignes is-anomales est plus grande, mais il n'en est plus ainsi sur la côte Est d'Asie. Si l'on considère que tous les grands déserts sont compris dans cet espace, on est si directement reporté vers l'action de la vapeur aqueuse que l'on trouvera naturel que nous ayons espéré y trouver les sources de ce phénomène.

Au printemps, à mesure que la hauteur méridienne du soleil augmente, la température de la Sibérie s'élève très-rapidement, de sorte que la différence de température entre l'Asie Nord et l'Indoustan est matériellement diminuée. Néanmoins elle est encore suffisante pour maintenir le courant d'air, mousson N. E., venant des latitudes les plus élevées vers les plus basses. Après cette période la différence barométrique est considérablement diminuée.

A Barnaoul, l'accroissement de la tension de la vapeur aqueuse ne dépasse pas $4^{\text{mm}}57$ de janvier à mai, tandis qu'à Calcutta elle s'élève à $9^{\text{mm}}02$; d'un autre côté, le baromètre baisse de $9^{\text{mm}}02$ à Calcutta pendant la même période, et à Barnaoul de $11^{\text{mm}}28$ environ. Pendant le mois de juin la baisse totale du baromètre à Barnaoul atteint $16^{\text{mm}}97$, et à Calcutta $12^{\text{mm}}45$ seulement. Nous voyons d'après cela que le point de pression atmosphérique minimum est au N. de celui de température maximum, de sorte que le courant d'air qui vient du S. est attiré non-seulement vers ce dernier point, mais encore au delà. Une autre conséquence du changement rapide de position du point de pression minimum, c'est

que la mousson du S. O. s'établit fréquemment tout d'un coup. Dans d'autres circonstances nous pouvons nous attendre seulement à voir la mousson du N. E. s'établir subitement, parce que c'est un courant d'air plus froid que l'autre.

On explique la longue durée de la mousson du S. O. par le fait que ce courant, en passant sur les pentes Sud du plateau de l'Asie Centrale, abandonne une grande partie de l'humidité qu'il contient par les pluies abondantes qui tombent dans ces régions, et devient par conséquent insuffisant pour combler le vide qui existe sur ce plateau. La mousson n'est nullement un phénomène produit par l'attraction de l'air d'un point plus froid vers un point plus chaud, comme cela a lieu pour les brises diurnes de terre et de mer que nous avons décrites, et comme le soutiennent encore quelques écrivains modernes qui suivent en cela les errements des anciens auteurs. Il faut en chercher la cause dans la zone tempérée plutôt que dans la zone torride.

On peut se rendre compte ainsi de la direction des moussons : l'alizé du S. E. doit son mouvement vers l'O. à son passage de points qui ont une vitesse de rotation moindre à d'autres points dont la vitesse est plus rapide. Aussitôt que ce courant traverse l'équateur, les conditions deviennent absolument contraires aux précédentes et le vent devient S. O. C'est par suite de faits absolument semblables que l'alizé du N. E. en traversant l'équateur devient la mousson du N. O. de l'hémisphère Sud.

2. — LES MOUSSONS OUEST DE LA LIGNE.

Ces vents connus sur les côtes de Guinée sont une modification particulière des alizés dans l'océan Atlantique. L'alizé du S. E. est attiré si loin dans le N. par la position de la Guinée Supérieure que l'on ressent les vents pluvieux du S. O. et de l'O. S. O. sur tout l'espace qui s'étend jusqu'aux îles du Cap Vert. Entre cet alizé dévié et l'alizé ordinaire, il y a une région de calmes interposée, que Halley, Daupier et Mushenbrock ont désignée sur leurs cartes sous le nom de « Mer de pluie ou des tonnerres, » à cause de la fréquence des tornados.

Il résulte des observations qui ont été faites dans le fort danois de Christiansborg, sur la côte de Guinée, entre les années 1829 et 1834, que le S. O. est la direction moyenne du vent qui souffle invariable pendant toute l'année, depuis 10 heures du matin jusqu'à 10 heures du soir. Dans la matinée sa direction serait le N. O. faible.

Des conditions semblables paraissent exister dans l'océan Pacifique entre les îles Galapagos et la côte du Mexique. L'explication qu'on en donne est la même que ci-dessus, et on doit la chercher dans le brusque changement de direction de la côte d'Amérique du Nord, qui est d'abord Nord, et qui tourne brusquement ensuite au N. O.

Ce vent est signalé sur les cartes de Dampier. Dans le golfe de Panama, il indique des vents d'E. de septembre à mars, et de S. S. O. de mars à septembre. Sur la « Carte du Globe » dressée par le capitaine Wilkes, « qui montre l'étendue et la direction du vent, » ces vents sont figurés comme étant des saillies de ceux de la côte nommés « mousson du Pérou » ; et les Galapagos sont placées sur la limite entre le vent alizé invariable et ce courant modifié. Sur sa carte des vents (planche xv, partie 1, 8^e édition), Maury les nomme moussons du S. E. et du S. O. et les place à la limite Sud de la région des calmes, qui là, comme dans l'océan Atlantique, s'étend beaucoup au N., et que les marins anglais nomment les « doldrums équatoriaux ».

La côte de Venezuela doit exercer une influence exactement inverse à celle ci-dessus. De fait, les observations faites à Cayenne de 1846 à 1852 montrent que la direction moyenne du vent est franchement N. E. de décembre à avril, et Est d'avril à novembre. Pendant les cinq premiers mois, le vent de N. E. tourne à l'E. dans la proportion de 660 : 78. Pendant les autres mois, il change régulièrement dans les proportions suivantes : Mai, 69 : 68 ; juin, 44 : 105 ; juillet, 18 : 140 ; août, 8 : 163 ; septembre, 16 : 164 ; octobre, 35 : 131 ; novembre, 66 : 101 ; et pendant ces changements, l'alizé, près de la côte, devient plus frais à mesure qu'il se dirige vers l'espace échauffé qui est devant lui. Les marins espagnols appellent ces alizés, qui sont très-forts à Carthagène, *los brisotes de la Santa Martha*, et *las brizas*

pardas dans le golfe du Mexique. (*Humboldt's Reise*, vol. 1, p. 171.)

3. — LES DÉVIATIONS LATÉRALES DE L'ALIZÉ.

Les seules modifications de l'alizé que nous ayons examinées jusqu'à présent sont celles produites par les positions relatives des terres et des mers considérées par rapport à la latitude. Si la ligne qui sépare la terre et l'eau est Nord et Sud au lieu d'être Est et Ouest, l'alizé est dévié et donne lieu à ce phénomène connu nommé « vents de côte ». Ces vents sont souvent intermittents dans l'intervalle d'un jour. Si la côte court N. et S., l'alizé en la prolongeant est attiré pendant le jour vers la terre dont la température est élevée, tandis que la nuit cette attraction n'a pas lieu; c'est ce qui produit les brises alternatives de mer et de terre dans vingt-quatre heures.

Une déviation latérale de l'alizé, de la nature ci-dessus, pourra exister pendant une assez longue période et donner lieu ainsi à une espèce de mousson. Ces vents et la mousson véritable diffèrent en ce que, dans le dernier cas, les vents ont des directions contraires, tandis que dans le premier les directions sont inclinées l'une par rapport à l'autre sous un angle plus ou moins obtus.

D'après Glass (*History of the Canary Islands*), l'Afrique exerce une influence très-importante sur la direction de l'alizé du N. E. dans l'océan Atlantique. Le vent de N. E. subit une déviation vers la côte d'autant plus grande que les îles sur lesquelles les observations ont été faites sont plus rapprochées de la terre ferme. En vue de la terre le vent est presque N. (soit N. q. N. E.). A Lanzarote et à Fuerteventura, il est N. N. E.; à la Grande Canarie, N. E.; à Ténériffe, N. E. q. E., et enfin à Palma un peu plus Est, direction qu'il conserve sur toute la surface de l'océan Atlantique.

Les hautes terres des îles Canaries, Ténériffe et Palma arrêtent si complètement ces vents, que lorsqu'ils soufflent avec force au côté N. E. des îles, il fait absolument calme du côté opposé. Glass dit que l'espace abrité par les îles s'étend à 20 et 25 milles sous la grande Canarie, 15 sous Ténériffe, 10 sous

Gomere et 30 sous Palma. Cet espace abrité est très-dangereux pour la navigation, parce que la mer est grosse et brise à la limite du calme comme sur une côte, et produit un ressac dangereux.

Dampier¹ assigne pour limites à ce vent de N., sur la côte, le cap Vert par 14° latitude N., et le cap Bojador par 27° latitude Nord. Il dit que « le milieu de cette région est caractérisé par des pluies de poussière ; que les bâtiments qui passent au S. du cap Blanc, situé par 21° N. environ, sont quelquefois couverts par une quantité de sable si considérable portée par les vents de terre, que l'on a beaucoup de peine à distinguer les objets. Les ponts en sont entièrement encombrés et toutes les voiles sont rougies comme si on les avait tannées avec ces sables qui sont d'une couleur rougeâtre. »

Horsburgh (*India Directory*, vol. 1, p. 11) dit que, entre les îles du cap Vert et le continent, l'atmosphère est toujours chargée de poussière et que ce phénomène continue avec les vents de N. E. ; il l'attribue aux sables que ce vent emporte en passant sur le désert brûlant qui se trouve dans le N. E. De fait, ce phénomène est absolument semblable à celui que l'on observe sur la côte de Guinée avec le vent de terre ou N. E., qui souffle principalement en décembre et janvier et que l'on nomme *harmattan*. « Ce vent produit une sécheresse inusitée et remplit l'atmosphère d'une poussière rougeâtre si dense que souvent le soleil en est obscurci à un tel degré qu'on peut le fixer avec l'œil nu. »

Pendant que ces vents soufflent, la tension de la vapeur aqueuse à Christiansborg est de 15^{mm}82 à sept heures du matin, tandis qu'avec les vents ordinaires elle est de 21^{mm}49 ; à midi elle est de 16^{mm}55 au lieu de 23^{mm}88. Dans le dernier cas le rapport entre les fractions de saturation est de 0,734 à 0,915, et dans le premier il est de 0,473 à 0,739. (*Observationes meteorologicæ in Guinea factæ*, 1845, p. 50.)

Pour des raisons semblables à celles que nous venons de donner, l'alizé du S. E. dans l'océan Atlantique Sud est plus Sud

¹ Dampier, *Voyages*, vol. II, partie 5 (Des vents alizés généraux), page 13.

sur la côte d'Afrique, et plus Est sur la côte du Brésil que dans le milieu de l'Océan.

La chaîne des Andes exerce sur l'alizé du S. E., lorsqu'il passe sur le continent de l'Amérique du Sud, une influence sensible, mais sur une plus grande échelle, à celle des îles Canaries sur l'alizé du N. E. dans l'océan Atlantique Nord. Nous devrions également trouver un espace abrité sous le vent de ces hautes montagnes le long des côtes de l'océan Pacifique ; et comme dans l'O. des îles Canaries, les lames devraient déferler à la limite des calmes ; mais, dans la zone que nous décrivons, l'alizé qui a une grande force pénètre jusqu'à la côte et produit, au lieu du calme, des vents de S. S. O. lorsque la terre court du N. au S. ; S. O. lorsqu'elle se dirige du S. O. au N. E., et enfin S. lorsque sa direction est du S. S. E. au N. N. O. Sur la côte du Pérou, ces vents s'étendent sans variation jusqu'à 140 et 150 milles au large ; ils deviennent ensuite graduellement des vents alizés ordinaires, et à 200 milles de distance on trouve le véritable alizé à l'E. S. E.

L'influence que la terre exercera sur la déviation du vent qui souffle d'une manière permanente en mer dépendra naturellement du rapport de la température de l'eau à celle de la terre, rapport qui n'est pas constant pendant toute l'année. Nous pouvons voir, par la forme des lignes isothermes mensuelles, que la variation dans ce rapport ne sera pas très-grande, parce que la température du courant d'eau froide qui passe le long de la côte du Pérou ne varie que très-faiblement pendant l'année. En outre la température de la terre varie aussi dans des limites très-étroites.

Wilkes, sur sa carte, appelle ces vents « mousson du Pérou » comme il appelle la déviation de l'alizé du S. E. sur la côte Sud d'Afrique « mousson de l'Afrique ». Dampier, avec plus d'exactitude, les classe parmi les vents de côte, et leur donne une position intermédiaire entre les vents permanents et les « vents qui changent », auxquels le nom de mousson convient beaucoup mieux et auxquels on l'applique souvent sur la côte du Brésil.

Wilkes, en parlant de ces vents, s'exprime ainsi : « A vrai dire ce ne sont pas des moussons, quoiqu'on les ait classés et considérés comme tels ; leur direction ne change pas périodiquement

comme celle des autres, mais elle varie seulement de quelques rumb ».

On observe ce phénomène du cap Saint-Roque à l'île Sainte-Catherine. Dans cet espace les vents de N. N. E. soufflent de septembre à février, et même, d'après Dampier, jusqu'en mars, pendant le temps que le soleil est au S. de l'équateur. Durant la même période, toutes les parties des continents de l'hémisphère Sud qui se trouvent dans la zone torride éprouvent une raréfaction atmosphérique, ainsi qu'on peut le voir dans la table suivante d'observations barométriques.

	PORT Jackson.	CAP de Bonne- Espérance.	RIO- JANEIRO.	MONTÉ- VIDÉO.	SAN- IAGO.
Janvier.....	- 3,67	- 2,66	- 2,50	- 2,45	- 1,55
Février.....	- 1,65	- 2,66	- 2,00	- 2,45	- 1,55
Mars.....	+ 0,92	- 1,71	- 1,19	- 1,05	- 0,88
Avril.....	- 0,65	- 0,85	- 0,51	+ 0,99	- 0,02
Mai.....	+ 0,90	+ 0,85	+ 1,73	+ 1,32	+ 0,15
Juin.....	+ 2,00	+ 2,56	+ 3,22	+ 1,50	+ 0,92
Juillet.....	+ 4,55	+ 5,15	+ 5,42	+ 2,99	+ 0,45
Août.....	+ 1,87	+ 2,81	+ 1,87	+ 2,00	+ 1,89
Septembre.....	- 0,51	+ 1,57	+ 1,55	+ 0,22	+ 1,01
Octobre.....	- 0,04	+ 0,58	- 0,72	- 0,61	+ 0,81
Novembre.....	- 1,46	- 1,28	- 2,27	- 0,18	- 0,79
Décembre.....	- 2,52	- 2,05	- 2,50	- 2,85	- 0,85
Moyenne.....	749,65	762,91	758,00	760,85	715,10

Si le Brésil était à la place de l'océan Atlantique Sud, l'alizé du N. E. de l'océan Atlantique traverserait la ligne et pénétrerait dans l'hémisphère Sud sous forme de mousson du N. O. Dans ce cas le Brésil produirait le même effet sur l'alizé du N. E. de l'océan Atlantique que l'Australie sur l'alizé du N. E. de l'océan Indien. Mais à cause de la position plus Ouest de ce continent, l'alizé du N. E. conserve dans l'hémisphère Sud la direction qu'il a dans l'hémisphère Nord, au lieu de prendre une direction N. O. produite

par l'accroissement de la vitesse de rotation. L'effet de cet accroissement est néanmoins sensible : ainsi le vent qui est tout à fait Est dans le golfe du Mexique augmente en intensité, il devient *los brisotes de Santa Martha* à Carthagène ; N. N. E. à Cayenne, et il conserve cette direction le long de la côte du Brésil.

Les vents de côte de la côte Est d'Afrique sont semblables à ceux dont nous venons de parler ; ainsi quand le soleil est au S. de l'équateur, et que les observations barométriques au Cap, à Maurice et à Bourbon indiquent de la raréfaction, les vents de N. E. dominant dans le canal de Mozambique et tout le long de la côte du continent, mais sans qu'ils aient le caractère permanent de la vraie mousson. Quand le soleil est au N. de l'équateur, l'alizé du S. E. dans le voisinage de la côte devient S. S. O. ou Sud. D'après Capper (p. 69), la mousson du N. E. commence aux îles Comores, par 10° S. en novembre, soit un peu plus tard que sur la côte de Malabar, et s'étend jusqu'au cap Corrientes, c'est-à-dire jusqu'au tropique du Capricorne. La mousson de S. O. commence en avril, et souffle jusqu'en novembre. Le temps est clair avec ce vent dans le canal de Mozambique, tandis qu'il est pluvieux pendant la mousson du N. E.

En novembre, époque du changement de la mousson, il y a des brises journalières de terre et de mer. La position relative et la nature des terres paraissent modifier ces vents diversément ; leur direction s'accorde de tout point avec les moussons de l'Océan Indien Nord, mais ils en diffèrent par la quantité de vapeur aqueuse qu'ils contiennent. Maury les porte sur sa carte comme étant des vents de S. O. et de S. E. en opposition avec toutes les observations que nous connaissons.

Pendant tout le temps que le soleil est au S. de l'équateur, l'Australie paraît attirer de tous les côtés les vents qui soufflent habituellement sur les mers adjacentes ; et de fait, autant du moins qu'on peut en juger par les observations qui ont été faites jusqu'à présent, elles indiquent une raréfaction de l'air sur la partie de ce continent qui est dans la zone torride. Nous avons expliqué déjà l'influence de sa côte Nord sur la mousson. On observe une influence semblable sur sa côte Ouest car l'alizé du S. E. en approchant de la terre tourne graduellement vers l'O. par le Sud. La carte de

Wilkes indique des vents d'E. partout sur la côte Est, et même E. N. E. dans le partie Nord du continent. En ce qui concerne l'Australie, aussi bien que les autres continents qui s'étendent dans l'hémisphère Sud, il est une autre circonstance qui doit être prise en considération : c'est que la période où le soleil est le plus haut dans l'hémisphère Sud est également celle où il est le plus près de la terre. Cependant l'effet de cette différence entre les deux hémisphères est annulé par ce fait que, si l'on considère l'effet total produit par la position du soleil dans l'année, on trouve que pendant la période plus longue de l'été dans l'hémisphère Nord, lorsqu'il est à une plus grande distance de la terre, la somme de chaleur reçue par cette portion de la terre est la même que celle qui est communiquée à l'hémisphère Sud lorsque le soleil est à une moindre distance de la terre pendant l'été plus court de cet hémisphère. La conséquence de ce fait est que le rayonnement direct pendant la période de hauteur maximum du soleil dans l'hémisphère Sud est plus grand qu'à la même latitude au N. de l'équateur pendant la période de l'été dans cet hémisphère.

Si, pour conclure, nous réunissons dans un aperçu général toutes les circonstances des vents de la zone torride, et si nous considérons leurs variations dans les différentes parties de cette zone, nous obtiendrons les résultats suivants.

Les vents permanents, proprement dits, n'existent qu'au centre des deux zones de l'alizé, c'est-à-dire dans les endroits où il continue à souffler, entre les limites de ces zones, pendant qu'elles effectuent leur mouvement annuel au N. et au Sud. L'effet contraire le plus grand se produit dans les espaces qui ne sortent pas de la zone des calmes pendant ces mouvements. La largeur de la zone de l'alizé est beaucoup plus grande que celle des calmes, de sorte que ce dernier effet ne se réalise qu'en partie. Dans les lieux situés près de l'équateur, l'alizé constant devient vent *intermittent*. Si l'étendue du mouvement de la zone de l'alizé est considérable, la zone des vents intermittents sera comprise dans les deux zones de l'alizé, de sorte que, comme elle est exposée aux deux alizés, le vent permanent dont il est parlé ci-dessus se changera en un vent *alternatif*. Ce vent

périodique acquiert tout son développement et devient *mousson* vraie, lorsque les vents alternatifs prennent des directions contraires par l'effet de l'influence de la rotation de la terre, et il paraît sous sa forme la plus complète lorsque la durée des deux vents alizés est la même; et l'année est en conséquence divisée en parties égales. La condition pour que les directions soient contraires ne sera remplie que si la durée des deux alizés est égale, parce que la différence de vitesse de rotation dépend de la distance du point d'observation au point où le courant atmosphérique commence. Il peut plus loin être modifié par des déviations latérales qui ont un plus grand effet sur un courant que sur l'autre, puisque le rapport entre les températures de la terre et de l'eau n'est pas le même en été et en hiver.

Cependant les moussons et les vents de côte ne sont pas les seules espèces de vents périodiques. Ces vents existent également dans les régions qui sont sous les tropiques, mais ils ont des directions exactement contraires. Lorsque le soleil est à sa plus grande hauteur, ils sont compris dans la zone de l'alizé, mais aussitôt que la hauteur du soleil commence à diminuer, ils sortent de cette zone et ils sont immédiatement compris dans l'alizé de retour descendant, dont la direction est exactement opposée à celle du vent précédent. On pourrait appeler ces vents *sous-tropicaux*. Cette zone forme le passage à la région des vents *variables*. C'est là aussi que se trouvent les endroits où ces deux courants effectuent leur mouvement de retour; mais la période de ce mouvement alternatif n'est pas définie. Les deux courants passent à côté l'un de l'autre dans des canaux qui changent constamment. Il n'est pas exact de les appeler alizés supérieur et inférieur; aussi les ai-je nommés invariablement courants *polaires* et *équatoriaux* dans tous les ouvrages que j'ai publiés depuis 1827.

Avant de parler des vents variables, nous allons réparer un oubli que l'on aura remarqué sans doute dans les explications qui précèdent. Nous avons considéré les vents permanents et périodiques dans leur développement sur les différents océans et dans le voisinage des côtes. Il est évident que les lois générales qui les régissent sur la mer existent également

sur la terre, mais ces vents y sont exposés à des causes de perturbations si nombreuses, telles que les inégalités de la surface et les changements dans l'état du sol, que nous devons nous attendre à ne pas trouver sur la terre la même uniformité que sur les mers. Dans l'intérieur des continents, c'est au commencement des saisons humides et sèches qu'il faut chercher le moment où le vent alizé commence à s'établir dans l'une et l'autre zone, en tenant compte toutefois de l'action constante que les vents qui dominent dans les déserts exercent par l'accumulation des sables qu'ils laissent derrière eux. On ignore encore complètement comment se fait la transition, de la direction du vent qui souffle dans l'intérieur des continents et qui est constante pendant certaines périodes de l'année, aux modifications qu'il subit par l'effet de la côte, et je ne sache pas qu'on ait jamais cherché à le connaître encore. Il nous a donc paru utile d'en parler ici et de signaler aux savants cet important sujet de recherches ; car de ce que l'on n'a publié des cartes des vents alizés que pour les océans, beaucoup de personnes ont eu cette idée étrange que les alizés n'existaient que sur les mers. Cette croyance a enfin été entièrement abandonnée pour les moussons que l'on avait considérées pendant longtemps comme une espèce de brise de terre et de mer, quoique ces dernières disparaissent complètement à une certaine distance de la côte, tandis que la mousson n'abandonne la plus grande partie de la vapeur aqueuse qu'elle contient que lorsqu'elle entre en contact avec les pentes Sud du plateau de l'Asie. Il nous a paru convenable de placer ici cette observation, parce que nous établirons les lois des vents variables sur des observations faites dans des stations à terre, et il faut qu'on nous accorde le droit d'appliquer ces lois à la mer.

III. — LES VENTS VARIABLES.

Aristote, dans ses *Politiques*, dit qu'il n'existe à proprement parler que deux formes de constitution : la constitution libre et celle qui ne l'est pas ; on peut dire aussi des vents qu'il n'y

a en réalité que deux sortes de vent, celui du N. et celui du S., parce que tous les autres ne sont que des dérivés de ces deux directions principales.

Cette assertion paraît moins paradoxale sur les côtes de la mer Méditerranée que dans nos latitudes, car le contraste entre la *tramontane* et le *sirocco* est si bien marqué à la limite extérieure de la zone de l'alizé, que le premier vent, qui est la continuation de l'alizé vers le N., était aussi bien connu des Grecs sous le nom de vent *étésien*, dans l'été, que les vents pluvieux venant du rumb opposé dans l'hiver. Nous prouverons d'abord cependant, au moyen de recherches d'une nature particulière, que l'assertion ci-dessus est exacte pour les pays dans lesquels la saison sèche est inconnue.

Ces recherches doivent être faites de deux manières : il faut que nous prouvions premièrement que l'on peut expliquer les changements dans la direction du vent à une station quelconque par une altération de deux courants ; et deuxièmement que ces courants, passant simultanément dans des canaux parallèles, sont susceptibles de produire les contrastes de temps que l'on observe successivement dans chaque station quand le changement de vent se produit.

Quant à la durée relative des deux courants, il est évident que le courant équatorial doit l'emporter sur le courant polaire, et que par conséquent la direction dominante du vent doit être S. O. dans la zone tempérée de l'hémisphère Nord, et N. O. dans celle de l'hémisphère Sud. Les raisons de cette prépondérance sont, 1° que le courant équatorial se meut dans un canal qui se rétrécit graduellement, et le courant polaire dans un canal qui s'élargit graduellement ; 2° que l'air, quand il retourne des pôles vers l'équateur, occupe moins d'espace qu'il en occupait auparavant, à cause de la diminution de sa température ; et 3° qu'il a perdu par la condensation une partie de l'humidité qui existait sous forme de vapeur dans le courant équatorial, mais qui retourne vers l'équateur en eau, parce qu'elle a été précipitée sous forme de pluie.

En résumé, nous voyons d'après cela que dans la zone tempérée les courants circulent dans des canaux parallèles, tandis qu'ils passent l'un sur l'autre dans la zone torride. Nous avons

décrit page 36 comment le courant supérieur descend graduellement à la limite extérieure de la zone des alizés. Grâce à ce mouvement dans des canaux parallèles, toutes les fois que l'hiver est relativement froid quelque part, le même hiver est relativement doux dans une contrée voisine. On pourrait presque conclure de cette compensation simultanée entre le froid et le chaud qu'il existe une température moyenne constante dans toutes les saisons, comme je l'ai prouvé clairement dans les recherches sur les variations non périodiques de la distribution de la chaleur sur la surface de la terre (6 vol.) ¹.

1. — LES COURANTS QUI SE DÉPLACENT ALTERNATIVEMENT L'UN
L'AUTRE A CHAQUE STATION.

On peut distinguer chaque courant l'un de l'autre à toutes les stations par les propriétés que nous allons expliquer ci-dessous. Le courant équatorial va du chaud au froid, le courant polaire du froid au chaud.

On peut toujours reconnaître les différences caractéristiques de ces courants par les différences de leur température, et par les différences de l'action que la terre exerce sur eux dans leur route. Quant à la pression, il est évident que par suite de la densité plus grande de l'air froid du courant N., le baromètre sera élevé pendant sa durée; et que son niveau sera au contraire d'autant plus bas que l'intensité du courant S. sera plus grande, ou en d'autres termes que la différence de latitude entre les points où ce courant commence et où il finit sera plus grande.

Quant à la direction, nous avons montré ci-dessus que le courant N., lorsqu'il est bien établi, doit prendre une direction N. E. et enfin une direction à peu près Est; le courant S. une direction S. O. et enfin une direction presque Ouest. La plupart des vents trompent l'observateur parce qu'ils ne viennent pas des régions d'où ils paraissent souffler. L'E. N. E., le

¹ Untersuchungen über die nicht periodischen Aenderungen der Temperaturvertheilung auf der Oberfläche der Erde. Reimer, Berlin.

N. E. et le N. N. E. sont bien plus véritablement des vents de N. que le N. lui-même, et également l'O. S. O., le S. O. et le S. S. O. sont plus véritablement des vents de S. que le S. lui-même.

Quant à l'intensité, il est facile de voir que celle du courant N. doit diminuer graduellement à mesure qu'il avance; et que celle du courant S. augmente graduellement. Si la terre était un cylindre droit tournant sur son axe, la vitesse de rotation serait constante à tous les parallèles de latitude, et l'intervalle entre deux méridiens serait égal sur toute sa surface. Dans ce cas, la direction et l'intensité des courants N. et S. resteraient constantes pendant toute leur course. Mais à cause de la forme sphéroïdale de la terre, les méridiens s'écartent les uns des autres en allant des pôles à l'équateur; le canal que suit le courant N. s'agrandit constamment en avançant vers le S., tandis que celui suivi par le courant S. se rétrécit d'une manière identique en avançant vers le Nord. Il en résulte que l'intensité du courant N. diminue à mesure qu'il devient Est, tandis que celle du courant S. augmente à mesure qu'il devient Ouest.

Quant à l'humidité, il est évident que le courant N. doit être le plus sec et le courant S. le plus humide, et cela aussi bien relativement qu'absolument. Puisque les deux courants partent de points dont les températures sont très-différentes, et quoique dans des circonstances identiques sous d'autres rapports, la quantité absolue de vapeur aqueuse contenue dans le courant N. doit être moindre que celle contenue dans le courant Sud. L'air chaud de l'équateur se portant rapidement vers les pôles pénètre dans des latitudes de plus en plus élevées; sa capacité pour conserver l'humidité diminue graduellement à cause du refroidissement que la surface de la terre exerce sur lui, et il doit en conséquence approcher graduellement de son point de saturation pendant sa marche. D'un autre côté, l'air plus froid du courant N. qui avance lentement atteint des latitudes de plus en plus basses; sa capacité pour absorber l'humidité augmente constamment, et il en absorbe en conséquence au lieu d'en perdre sous forme de pluie. Nous voyons aussi que, tandis que le courant S. perd la vapeur aqueuse qu'il porte avec lui par des décharges successives de pluie, le

ciel est toujours clair pendant la durée du courant N., ainsi qu'on l'observe avec les alizés du N. E.

Quant au *changement de direction* du vent et au *nombre de fois que chaque espèce de vent sera observée*, ces deux points dépendent de circonstances très-diverses. Si, pendant toute la période de la durée du courant N., qui est souvent de plusieurs semaines consécutives, l'origine de ce courant restait toujours à égale distance du point de l'observation, et si, en outre, son intensité était toujours la même, la direction de la girouette resterait invariable, aussitôt toutefois que le courant aurait subi la déviation produite par la différence des vitesses de rotation de la terre entre les deux points, et l'effet des autres éléments qui exercent leur influence sur lui. Si cependant le courant qui est à peu près E. rencontre un obstacle à un point situé dans le S. du lieu de l'observation, et qu'il soit empêché de se changer dans sa marche vers le S. en un vent d'E. vrai, l'air qui compose ce courant entrera dans un état de repos relatif par rapport à la rotation de la terre, et conséquemment il deviendra Nord à ce point. Le vent deviendra par suite plus Nord au point de l'observation, et la girouette oscillera lentement entre le N. N. E. et l'E. N. E. A différents moments la distance du point de l'origine de ce courant au point de l'observation variera ; et en outre le frottement exercé par la surface de la terre sur les couches inférieures du courant sera plus grand lorsqu'il marche doucement que lorsqu'il a un mouvement plus rapide ; de sorte que la déviation vers l'E. sera plus considérable. Quant au nombre des observations de chaque espèce de vent, nous ne devons pas généralement trouver une grande différence entre le N. E. et l'E. ; et le maximum tombera, selon le cas, quelquefois sur l'un, quelquefois sur l'autre de ces rumb. Par des considérations semblables, il est facile de voir que le courant rapide du S., qui est S. O. lorsqu'il a atteint sa fixité, paraîtra en général osciller entre le S. O. et l'O. ; que le nombre de fois que le vent soufflera de ces rumb sera très-grand, et que si nous tenons compte de toutes ces fluctuations, nous trouverons une majorité de changements directs qui ne peut pas être très-considérable et qui doit être proportionnellement d'autant plus petite que les in-

tervalles entre les périodes d'observation seront plus courts. Les vents de N. et de S., pris dans le sens de la Loi de Giration, seront en général très-rares, parce qu'ils se produisent immédiatement *avant* un maximum, à moins que des circonstances locales, telles que la direction d'une côte ou celle d'une vallée, ne fixent le courant à l'une de ces rumb. D'après ce qui précède, les vents de S. E. et de N. O. seront également rares. C'est en effet ce qui a lieu pour le S. E.¹ ; mais il n'en est pas de même du N. O., surtout dans l'O. de l'Europe².

On voit aisément que la prépondérance du N. O. en été est due

¹ Il existe une exception remarquable à cette règle dans les steppes qui sont au S. de la Russie. Dans l'espace qui s'étend depuis la côte Nord de la mer Caspienne jusqu'à celle de la mer Noire, et dans l'intérieur des steppes, la direction moyenne du vent est S. E. d'après les recherches de Wesselovski.

² Avec les observations faites par M. F. J. Fout à Baillyvaughan sur la côte Ouest de Clare, pendant l'année 1831, le professeur Haughton (Journal de la société royale de Dublin, n° xxv) a calculé la table suivante qui donne (en fraction de 100) la fréquence du vent pour les huit rumb du compas dans cet endroit; les calculs ont été comparés avec les résultats obtenus par le docteur Lloyd pour toute l'Irlande en 1831.

	COTE DE CLARE. 1831.	IRLANDE. 1831.
N.	13.9	10.8
N. E.	4.3	7.3
E.	7.7	6.9
S. E.	7.0	9.2
S.	19.2	15.6
S. O.	12.3	20.2
O.	21.4	17.0
N. O.	16.3	15.0
	100.0	100.0
Résultante....	O. 16° 25' S.	22° 30' S.

L'étendue sur laquelle le vent de N. O. prédomine en Irlande est clairement indiquée dans cette table (*Trans.*).

à la position de l'Océan par rapport au continent. On explique pourquoi le courant polaire, en hiver, commence fréquemment au N. O. par la direction des lignes isothermes, dont les positions, comme je l'ai dit ailleurs, sont déterminées par des causes particulières en même temps que par les courants de vent. La température basse de l'Amérique du Nord produit sur la surface plus chaude de l'océan Atlantique des courants d'air froid qui rencontrent le vent de S. O. du courant S., et s'ils le déplacent il prend alors une direction N. E. Dans ce cas ils laissent probablement le S. O. à leur côté Est. Ce dernier vent se dirige vers le pôle, il peut faire irruption dans le courant N. sous une latitude plus élevée, et dans cet endroit les deux courants souffleront comme extrêmes à côté l'un de l'autre.

Quant au *déplacement mutuel* des courants, j'ai prouvé par des observations qui ont été faites à Königsberg pendant une longue série d'années que le courant S. déplace le courant N. dans les couches supérieures de l'atmosphère avant que cela ait lieu dans les couches les plus basses ; tandis que le déplacement du courant S. par le courant N. a lieu d'abord dans les couches inférieures, puis dans les couches supérieures. Il est impossible de soumettre cette loi à un examen numérique exact, et elle ne peut évidemment être basée que sur les assertions des différents observateurs ; aussi on ne pourra la considérer comme vraie que tout autant que leurs différents témoignages seront tous d'accord. Si nous consultons les observations directes sur l'aspect du ciel, celles qui méritent la plus grande confiance sont celles d'Howard, dans son *Climate of London*, où il dit (p. 127) :

« Après un temps humide et étouffant, et une accumulation graduelle de nuages orageux avec détonations électriques, s'il tombe des petits blocs de glace des nuages ; après ces glaçons une forte grêle et enfin de la pluie ; et si un vent froid de l'O. ou du N. souffle après, je crois être dans le vrai en affirmant que ce dernier vent a agi en masse, instantanément et d'une manière décisive, comme un corps froid sur l'air chaud dans lequel je me trouvais avant le commencement de la tempête. Si au contraire, après un vent de N. E. froid et sec, le ciel se cou-

vre de nuages, si les premières gouttes de pluie sont chaudes au toucher, et si après une forte averse l'air inférieur devient chaud et doux, je peux en conclure avec autant de certitude que le vent de S. a déplacé le vent de N., après avoir commencé d'abord dans les couches supérieures de l'atmosphère, et qu'en le déplaçant, il a perdu une partie de son humidité par la condensation. »

Sans tenir compte des preuves empiriques semblables à celle ci-dessus, il me semble que ce mode de déplacement doit être une conséquence nécessaire des principes de la théorie. Puisque le courant N. passe entre des méridiens qui s'écartent constamment l'un de l'autre, il se dilatera d'autant plus qu'il est allé plus loin et que la déviation vers l'E. qui lui a été imprimée par le mouvement de la terre sur son axe a été plus grande, et le poids total de la colonne atmosphérique sera diminué proportionnellement. C'est pour cela que dans l'hiver, saison dans laquelle toutes ces conditions se présentent sous leurs formes les plus simples, le pôle du froid de la rose des vents se trouve plus dans l'E. que le maximum du baromètre. La température du courant N. est d'autant plus basse que le point de son origine est plus au N. ; dans ces mêmes circonstances l'air composant ce courant est spécifiquement plus lourd et sa pression barométrique plus grande, s'il ne se produit pas en même temps une cause de raréfaction provenant de ce qu'il a parcouru une grande distance. Cette cause existe par le fait de son trajet dans un canal qui s'élargit continuellement. Quand l'air se dilate, sa température baisse au lieu de s'élever; de sorte que pendant l'extension graduelle latérale du courant la température continuera à baisser. La raréfaction de l'air empêche le baromètre de monter, ainsi que cela devrait être par suite du changement de température, et éventuellement elle fait même baisser le niveau de cet instrument. Ce qui nous montre que le maximum de pression précédera le minimum de température. Dans le cas du courant S. qui passe dans un canal se contractant constamment, l'air le plus bas aura une tendance constante à s'élever, de sorte que la diminution de densité aussi bien que la diminution de température du courant S. sera moins considé-

nable. Si maintenant le courant S. rencontre le courant N. à une certaine distance au-dessus de la surface de la terre, l'élasticité de l'air du premier sera plus grande que celle du dernier, et le courant S. pénétrera dans le courant Nord. Il résulte des considérations ci-dessus qu'un pareil déplacement ne peut se produire que lorsque le courant N. a parcouru une grande distance, et a été dévié dans l'E. d'une grande quantité ou en d'autres termes :

Le courant S. ne peut déplacer le courant N., dans les régions les plus élevées de l'atmosphère, que quand ce dernier est devenu presque vent d'Est. Ce déplacement doit donc paraître comme un changement dans la direction E., S. E., S., etc.; conséquemment le vent ne retournera presque jamais en arrière dans ce quart du compas.

Si le courant S. a atteint une intensité considérable, il peut souffler dans une direction directement opposée au courant Nord. Dans ce cas les courants s'annulent, phénomène que j'examinerai plus en détail ailleurs. Nous allons maintenant expliquer comment les changements se produisent dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Le mélange de l'air chaud et humide du courant S. avec l'air froid et sec du courant N. produit les conditions nécessaires à la précipitation de la vapeur aqueuse. La première forme de nuage qui paraît est le cirrus en longues bandes. S'il en tombe des aiguilles de glace très-fines, elles atteindront la surface de la terre avec la vitesse du courant S. qui, comparée à celle du courant N. passant en dessous, est très-considérable. Les premières gouttes peuvent tomber sur la terre sous la forme solide ou liquide, ou bien elles peuvent être évaporées avant d'avoir atteint le sol; mais dans les deux cas, elles exerceront une certaine action sur les couches de l'atmosphère qu'elles traverseront. Par l'effet de cette action, le vent deviendra d'abord Est droit, puis E. S. E., et enfin il tournera graduellement jusqu'au S., d'où il sera aussitôt changé en S. O. par l'effet de la rotation de la terre. Nous venons d'expliquer les phénomènes qui se produisent au côté Est de la rose des vents, ainsi que les différents faits ci-

après : que la précipitation a rarement lieu avec les vents de N. E. ou d'E.; que la pluie commence à tomber lorsque le vent est au S. de l'E.; que le vent de N. E. s'étend sur toute la surface de l'atmosphère; et enfin que lorsque le vent est E. ou S. E., sa direction dans les couches supérieures est plus Sud que dans les couches inférieures. Nous allons maintenant passer au côté Ouest.

Si l'action du courant N. sur celui du S. n'a jamais lieu que lorsque ce dernier a atteint le rumb Ouest, les phénomènes entre le S. et l'O. offriront les résultats caractéristiques de la prédominance du courant S., tandis que ceux entre l'O. et le N. présenteront les effets produits par le déplacement de ce dernier par le courant Nord. Mais ce n'est jamais le cas qui se produit, parce que le courant N. commence souvent à souffler lorsque le vent est au S. S. O., S. O. ou O. S. O., et par suite les phénomènes entre le S. et l'O. peuvent présenter un double caractère. Il est bien évident que le courant froid et dense du N. paraîtra d'abord dans les couches inférieures, et que le mouvement des particules du courant N. vers le S. et du courant S. vers le N. E. composera une résultante ou courant intermédiaire qui deviendra d'autant plus Nord, en passant de l'O. par le N. O. que le courant N. dominera. La différence de densité de l'air des deux courants est très-considérable dans les couches inférieures, et elle diminue comme la distance à la terre augmente, de sorte que le changement se produira très-rapidement à la surface de la terre, et sera accéléré par les différences de température des deux courants. Les indications barométriques sont principalement affectées par les couches inférieures, et nous en déduisons la règle suivante :

Dans les oscillations du baromètre, la face antérieure de l'onde est plus profonde que la face postérieure, ou plus exactement l'air chaud et léger est déplacé par l'air froid et lourd qui est au côté Ouest, plus rapidement que l'air froid et lourd par l'air chaud et léger du côté Est.

Je vais maintenant donner les preuves de ce déplacement mutuel des courants, et dans ces preuves, je pourrai indiquer

clairement l'ordre dans lequel se produit le phénomène que j'ai nommé LA LOI DE GIRATION.

2. — LE CHANGEMENT RÉGULIER DU VENT DANS L'HÉMISPÈRE NORD.

→ S., S. O., O., N. O., N., N. E., E., S. E., S. ←

On lit dans l'*Ecclésiaste*, chapitre 1, versets 5 et 6: « Le soleil se lève aussi, et le soleil se couche, et il aspire vers les lieux d'où il se lève. Le vent va vers le midi, et tourne vers l'aquilon; il tourne çà et là et revient à ses circuits. » Je n'oserais pas affirmer si l'on a voulu par ces mots indiquer la loi de giration ou seulement que c'était ainsi que le vent changeait.

1. — ARISTOTE¹: « Αἱ δὲ περιστάσεις τῶν ἀνέμων καταπνευμένων εἰς τοὺς ἐχόμενους γίνονται κατὰ τὴν τοῦ ἡλίου μετάστασιν. » Lorsqu'un vent vient à cesser pour faire place à un autre d'une direction voisine, le changement a lieu dans le sens du mouvement du soleil.

2. — THÉOPHRASTE²: « Όταν δὲ μὴ ὑπ' ἀλλήλων διαλύονται τὰ πνεύματα, ἀλλ' αὐτὰ κατακρανθῶσι, μεταβάλλουσιν εἰς τοὺς ἐχόμενους ἐπὶ δεξιὰ ὥσπερ ἡ τοῦ ἡλίου ἔχει φορά. » Quand un vent n'est pas dispersé par un autre, mais qu'il tombe graduellement, le passage au vent qui lui succède se produit de gauche à droite ou dans la même direction que le mouvement du soleil.

3.—PLINE³: « *Omnes venti vicibus suis spirant major ex parte, aut ut contrarius desinenti incipiat. Quum proxime cadentibus surgunt, a laevo latere in dextrum, ut sol, ambiunt.* » Tous les vents soufflent en grande partie à leur tour, ou de telle sorte qu'un vent est suivi par un vent contraire. S'il commence à souffler presque du même rumb que celui qui vient de

¹ *Meteorologia*, 2, 6, 18; *Problema*, 98, 31, p. 945.

² *Περὶ σημείων ὑδατῶν καὶ πνευμάτων*, § 10, Op. ed. Schneider, p. 293.

³ *Historia naturalis*, vol. II, p. 48.

cesser, le changement a lieu de gauche à droite ou dans le sens du mouvement du soleil.

4. — BACON¹, 1600 (*Angleterre*): « Lorsque le vent change dans le sens du mouvement du soleil, c'est-à-dire de l'E. au S., du S. à l'O., de l'O. au N. et du N. à l'E., il retourne rarement en arrière; ou s'il retourne ce n'est que pour un temps très-court; mais s'il tourne dans le sens contraire, soit de l'E. au N., du N. à l'O., de l'O. au S. et du S. à l'E., il revient généralement au point de départ, au moins avant qu'il ait fait tout le tour du compas. »

« Si le vent de S. commence à souffler pendant deux ou trois jours, le vent de N. soufflera quelquefois tout d'un coup aussitôt après; mais si le vent de N. souffle pendant le même nombre de jours, le vent de S. ne soufflera que lorsque le vent d'E. aura soufflé pendant quelque temps. »

5. — MARIOTTE (*France*), vers 1700²: « Lorsque les vents de N. et de N. E. cessent, le vent d'E. suit généralement, et après lui les vents de S. et de S. O. Les vents de S. et de S. O. succèdent généralement au vent d'E. dans les zones tempérées et surtout en France. En France, les vents tournent ordinairement de l'E. par le S. au S. O., et de là à l'O., au N. et au N. E., et rarement ils font le tour entier dans une direction contraire. »

6. — STURM (*Allemagne*), 1722³: « Cependant l'irrégularité des changements de vent suit en quelque sorte une loi. Il résulte d'observations embrassant une période de plusieurs années et de celles qui ont été faites pendant que j'écris cet ouvrage, qu'il existe une certaine périodicité dans la révolution du vent; c'est-à-dire que généralement et le plus souvent le vent du N. souffle après le vent d'O.; que ce vent est suivi par le vent d'E., après quoi le vent de S. s'élève et ce dernier tourne graduellement jusqu'à l'Ouest. On a également observé les

¹ Baco de Verulam, extrait de *Historia naturalis aut experimentalis de ventis*.

² De la nature de l'air, p. 160.

³ *Physica electiva sive hypothetica*, tome II, p. 1206.

rumbs intermédiaires du compas, et la rotation a lieu rarement en sens inverse, car le vent (si par hasard il était retourné de l'O. au S.) ne va presque jamais dans cette direction au delà de l'Est. Aussi il achève rarement une révolution complète dans cette direction, tandis que les révolutions dans l'autre direction sont fréquemment complètes, même plusieurs fois dans le courant d'un mois. A l'aide de ce principe nous avons trouvé une méthode qui permet de prévoir à l'avance et avec une grande exactitude, sans autre indication, les changements de temps au moins pour les jours suivants les plus proches. Tout ce que nous avons avancé ci-dessus a été confirmé par de nombreuses expériences. »

7.—TOALDO¹ (*Italie*), 1774 : « De fait, s'il n'y a pas d'obstacle, les vents feront le tour du compas avec le soleil. »

8.—POITEVIN² (*France, Sud*) : « Lorsque les vents ont soufflé du S. et du S. E. avec violence et amené de la pluie, ils tournent vers le S. O. et l'O. et ils se terminent au N. O. qui ramène le beau temps. »

« Les vents de N. et de N. E. passent souvent par l'E. et sont suivis par des vents de mer (S. et S. E.). Il arrive très-rarement que les vents de N. tournent directement au N. O. ; cependant cela a lieu quelquefois. En général ils font le tour de l'horizon en passant par l'E. »

9. — KANT³ : « Dans notre hémisphère Nord, ordinairement quand les vents changent du N. vers le N. E., ils font tout le tour du compas de gauche à droite dans l'ordre suivant : d'abord E., puis S. et ensuite O. ; lorsque les vents tournent dans la direction contraire, soit du N. à l'O., ils font rarement une révolution complète. »

10. — ROMME⁴ (*Zone tempérée Nord de l'océan Atlantique*) : « D'après un capitaine anglais de la compagnie des Indes

¹ *La meteorologia applicata all' agricoltura*, p. 62.

² *Climat de Montpellier*, p. 63.

³ *Physical geography*, 1802, p. 282.

⁴ *Tableau des vents, des courants et des marées*, vol. I, p. 36.

orientales, les vents dominants depuis le parallèle de 30° N. jusqu'à la zone froide sont de l'O. ou de l'O. S. O. dans ces mers. Il observe plus loin qu'un vent de N. ou de N. O. fort qui se termine par du calme est suivi par un vent de S., qui amène de la pluie, et si ce dernier vent souffle fort il saute à l'O., au N. O. et au Nord. Si ces derniers vents deviennent violents, ils sautent quelquefois au N. E. et soufflent pendant plusieurs jours de suite, ou autrement ils se terminent par du calme, suivi de vent de Sud. Si ces derniers prennent un peu de l'O., ils sont accompagnés de pluie et de grêlasses, et ils retournent souvent au S. pendant la pluie. »

11. — LAMPADIUS ¹ (*Freiberg, en Saxe*), 1806: « Les vents sont extrêmement variables en Allemagne! Cependant j'ai observé une espèce de périodicité dans ces changements; ainsi, je suppose que le vent souffle du S. avec le ciel clair; le baromètre baisse, le temps devient sombre, la pluie tombe; en même temps le vent passe à l'Ouest. La pluie continue encore et le baromètre monte. Le vent passe au N. O.; il y a quelques grains de pluie. Le temps se refroidit; le baromètre monte toujours et le vent passe au N. et au N. E. Le baromètre est alors le plus haut, le ciel est serein, et le plus grand froid possible pour la saison se fait sentir. Le vent tourne à l'E. et le baromètre baisse un peu, mais le temps reste encore clair. Le vent tourne au S. E., le baromètre baisse toujours. La température augmente encore. Le vent passe alors au S. et la température atteint le degré le plus agréable pour la saison; le baromètre baisse et nous revenons alors au point de départ. Il y a annuellement plusieurs périodes semblables dans chaque saison. Il faudra quelquefois plusieurs semaines pour que le vent puisse faire ainsi le tour complet du compas; quelquefois il le fera dans quelques jours. Le vent tournera rarement dans une direction contraire à celle ci-dessus. En général tous les changements de gauche à droite sont les plus communs chez nous et le vent de S. est le moins fréquent. Ce fait est certainement produit par une cause principale cachée par plusieurs causes accidentelles. »

¹ *Systematischer Grundriss der Atmosphärologie*, page 189.

Lampadius ne s'est pas borné à décrire exactement ce phénomène; et comme Sturm l'avait fait avant lui, il a établi des règles pour prédire le temps d'après la vérité supposée de cette loi, et dans ses «Additions à l'atmosphérogie», il a examiné jusqu'à quel degré on pouvait leur accorder confiance.

12. — Dove (*Königsberg*): « Pendant mes observations à Königsberg, qui ont commencé en septembre 1826, j'ai comparé la direction du vent avec les indications données par le baromètre; et j'ai observé en même temps un phénomène remarquable, dont je donne un exemple dans la table suivante. Les hauteurs sont calculées pour une température de 12° 50 centigrades¹. »

JOUS.	8 HEURES matin.	MIDI.	10 HEURES soir.	VENT.	ASPECT DU CIEL.
	mm.	mm.	mm.		
Septembre 25	757.65	757.51	765.71	O.	Cumul.
— 26	768.08	769.84	771.89	N. O.	Couvert.
— 27	775.16	775.90	771.79	N. E.	Clair.
— 28	771.58	770.71	769.78	E.	»
— 29	768.58	767.85	768.54	E.	»
— 30	769.55	768.44	768.25	E.	»
Octobre. 1	767.85	767.62	767.57	E. S. E.	»
— 2	768.10	767.62	766.97	S. E.	»
— 3	765.90	765.27	761.28	S.	Cirri.
— 4	759.06	759.47	757.15	S.	Légèrement couvert.
— 5	756.86	756.50	756.40	S.	Pluie.
— 6	759.04	761.22	765.29	O.	Couvert.

« Nous voyons d'après ce tableau que quand le baromètre décrit une ondulation, le vent fait tout le tour du compas. J'ai depuis observé des rotations dans la même direction, soit S., O., N., E., S., dans toutes les saisons, mais elles sont plus frappantes dans l'hiver. Si le vent de S. O. souffle avec une violence croissante, et qu'il finisse par dominer, il élève la température

¹ Pogg. Annal. II, page 545.

au-dessus du point de congélation, et par suite la neige ne peut pas tomber, mais il pleut et le baromètre descend le plus bas : le vent tourne alors vers l'O., et d'épais flocons de neige annoncent l'approche d'un vent plus froid, — fait qui est aussi indiqué par la hausse rapide du baromètre, par la girouette et le thermomètre. Si le vent est Nord, le ciel devient serein; s'il est au N. E., on observe alors le plus grand froid et le baromètre est le plus haut. Ce dernier commence cependant à baisser graduellement et des cirri élégants annoncent par la direction du commencement de leurs bandes le vent de S. qui s'est établi et que le baromètre a indiqué également, quoique la girouette n'ait encore rien senti et qu'elle soit toujours dirigée vers l'Est. Cependant le vent de S. descendant avec une force qui augmente graduellement déplace le vent d'E.; en même temps que le baromètre baisse franchement, la girouette indique le S. E., le ciel se couvre graduellement de plus en plus, et comme la température s'élève et que le vent tourne par le S. E. et le S. au S. O., la neige se change en pluie. Le mouvement de rotation recommence alors et la pluie qui tombe dans l'E. est séparée d'une manière parfaitement caractérisée de celle qui tombe à l'O. par une courte période de temps clair. Quand je fus bien familiarisé avec ce phénomène, observé toutes les fois qu'il paraissait sous sa forme la plus évidente, il me fut facile de le reconnaître, même lorsqu'il présentait les changements les plus irréguliers; mais je considérais ces derniers comme de fréquents retours en arrière (*Zurückspringen*) plus communs au côté Ouest. J'ai donc pu constater néanmoins que dans ce pays, du moins, tous les vents sont des tourbillons sur une grande échelle (j'ai observé des rotations de 1 à 22 jours) et qu'en moyenne le mouvement giratoire de ces tourbillons de vent se produit toujours dans la même direction.»

13. — HILDBRETH¹ (*Amérique du Nord, Marietta, Ohio*) :
« Les vents tournent régulièrement dans la direction S. O., O., N. O., N., N. E., E., S. E., S., jamais dans une direction

¹ *Silliman, journal américain, 20, p. 127.*

contraire; on observe ce fait particulièrement au printemps et en automne. »

14. — DUDEN¹ (*Amérique du Nord*): « Dans l'état du Missouri, le vent parcourt constamment dans 10 à 20 jours tous les rumb du compas, et toujours dans l'ordre suivant: il tourne de l'E. par le S. à l'O. et par le N. vers l'Est. » Duden ajoute qu'il n'a jamais observé une révolution complète dans la direction contraire.

15. — SCHÜBLER (*Allemagne*) dit: « En Allemagne, les vents tournent plus souvent dans l'ordre suivant: Du S. par le S. O., O., N. O., N., N. E., E. et S. E., que dans l'ordre contraire, S. par S. E., E., N. E., » etc., etc.

16. — *Sibérie*: « Il résulte d'une communication verbale du baron de Humboldt, que la rotation régulière du vent avec le soleil est connue des naturels de ce pays. »

17. — DE WRANGEL² (*Sitka*): « Les vents dominants à New-Archangel sont S. E. et S. O. Si le vent passe du S. au S. O. et à l'O., il est accompagné de grains violents, et souvent d'orages avec tonnerre, surtout vers la fin de l'automne (novembre) et en hiver, mais jamais en été. Si le vent tourne de l'O. au N. O., le temps s'éclaircit, et une longue série de beau temps à Sitka est toujours accompagnée d'un vent de N. O. Si le vent tourne du N. O. par le N. au N. E., nous avons de nouveau des orages violents qui durent quelquefois pendant quelque temps. Si le vent tourne plus à l'E. et au S. E., la pluie tombe invariablement, avec une continuité de temps humide et nuageux. Cet état du temps devient surtout permanent lorsque le vent de S. retourne vers le S. E. Le baromètre baisse avec le S. E. et le N. E., et il monte avec les vents de S. O. et de N. O. »

M. de Baer ajoute: « Il n'est pas sans intérêt de dire ici que pendant que M. de Wrangel signalait la rotation nor-

¹ Voyage dans les États Ouest d'Amérique, p. 200.

² Bulletin de l'Académie de Saint-Petersbourg, déc. 1838, p. 17.

male des vents du N. au S. par l'E., et qu'il appelait rétrograde la rotation inverse, M. le professeur Dove, en Europe, faisait connaître et proposait la Loi de Giration des vents. »

18. — DUPUIS DE MACONET¹ (Lyon) : « Toutes les fois que le vent de N. est suivi d'un vent de S., le changement se produit toujours par l'E.; quand il retourne du S. au N. le changement a lieu presque toujours par l'O. »

19. — DRAKE² (Cincinnati), 1850 : « Nos vents, comme il arrive généralement dans l'hémisphère Nord, passent d'un point à un autre de l'horizon en suivant une loi régulière. Tout observateur placé au milieu ou dans la partie Sud d'une vallée peut se convaincre de l'exactitude de cette assertion. La direction ordinaire du changement est de gauche à droite quand l'observateur fait face au S., et elle est la même quand il fait face au Nord. Ainsi le vent de S. E. devient successivement S., S. O., O., N. O., N., N. E., sans qu'il y ait un intervalle de calme. Le changement dans la direction contraire ne se produit jamais sans qu'il fasse calme après le vent du N.; et si, dans ce cas, le calme est suivi d'un vent de S., c'est en réalité un commencement de rotation nouvelle. Un vent d'E. souffle rarement droit de l'E., mais il passe au S. E., et le N. O. tourne rarement jusqu'à l'Est. Quoique le vent souffle fréquemment des trois rumb, S., O. et N. O., successivement, il atteint rarement l'E.; il commence ordinairement au S. E., et avant qu'il ait atteint ce rumb à partir du N., il est généralement tout à fait tombé. »

20. — KANE³ (Sound de Smith, port de Rensselaer) : « Nous n'avons pas pu constater l'exactitude de la loi de giration de Dove, à cause de la longue série de calmes qui ont régné et parce que nous n'avons eu que très-rarement des vents

¹ Annales des Sciences Physiques et Naturelles de la Société d'agriculture de Lyon, vol. I, p. 495.

² *Principal Diseases of the Interior Valley of North America*, p. 572.

³ *Kane's Meteorological Observations in the Arctic Seas*, p. 81.

entre le S. et le N. O. et encore très-faibles; néanmoins nous avons pu observer que les vents de l'E. N. E., N. N. E. et N. N. O., avaient une tendance à tourner d'après cette loi et dans la proportion de trois rotations directes contre une rétrograde, c'est-à-dire que nous avons trouvé une probabilité relative de $\frac{3}{4}$, en faveur de la loi. »

Nous allons maintenant passer à l'énumération directe des changements de la girouette.

Lorsque, en 1827, je publiai mes premières recherches relatives à la Loi de Giration, je donnai les raisons qui me faisaient préférer la preuve évidente, mais indirecte, donnée par les variations du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre, à la preuve directe et évidente fournie par la simple énumération du nombre de fois que le changement de vent a lieu dans le sens de la loi de la giration ou contrairement à cette loi. Buys Ballot est de mon avis sous ce rapport (*Pogg. Ann.* LXVIII, p. 417), et il considère ces preuves comme d'autant plus concluantes qu'elles semblent être cachées par ces changements.

Si nous nous en rapportons à la simple énumération du nombre des changements de vent, nous considérerions inévitablement tous ceux qui se produisent dans un arc plus grand que 180° comme étant contraires à la loi. Ce qui nous montre que les heures de l'observation peuvent être disposées de telle sorte que chacun des calculs puisse conduire à une fausse interprétation du résultat. Si l'intervalle entre les heures de l'observation dépasse la durée moyenne d'une demi-révolution, on pourra prendre une confirmation de la loi pour une rotation rétrograde, ou contraire à la loi. Il faut donc, avant de faire ce calcul, que nous déterminions la longueur moyenne du temps nécessaire à l'accomplissement d'une révolution complète. D'après mon expérience, ce temps ne peut être déterminé que par des observations directes, faites avec des instruments enregistreurs, ou en comparant les résultats d'observations faites à des intervalles plus courts avec ceux faits à des intervalles plus longs. Dans le cas où la girouette oscille en arrière et en avant, nous ne devons pas chercher la réponse à cette question dans le nombre absolu de fois

qu'elle se meut dans une direction ou dans l'autre, mais dans les longueurs relatives des arcs auxquels correspond la somme de ces mouvements dans chaque direction.

Nous ne serons plus surpris alors si Schouw¹, qui sans tenir compte de ce fait important a examiné 1,100 changements de vent observés par Neuber à Apenrade, en a trouvé 559 dans une direction S., O., N., E., et 457 dans une direction contraire. Nous devons être étonné seulement qu'il ait obtenu une si forte majorité en faveur de la loi, puisque toutes les fluctuations ont été prises en considération.

Karlsruhe. — EISENLOHR², qui a examiné 46,665 observations embrassant une période de 43 années, a trouvé que le rapport du nombre de rotations S., O., N., E., au nombre de rotations dans une direction contraire étaient dans la proportion suivante :

ROTATIONS.	HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	ANNÉE.
De 180°	1.57759	1.75439	1.41451	1.50065	1.51807
135	1.04190	1.05858	1.05462	1.12883	1.06911
90	1.05479	0.98524	1.15167	1.05851	1.05809
45	1.00224	0.97502	0.95801	0.99628	0.98059
Total.	1.09877	1.10024	1.07189	1.09142	1.08881

Il résulte de ce tableau que plus l'arc dans lequel la rotation se produit est grand, plus la prépondérance des rotations directes sur les rotations rétrogrades est décidée; d'où nous voyons clairement que les plus petites fluctuations ne sont que de simples oscillations du vent. A part la grandeur

¹ *Collectanea Meteorologica sub auspiciis Societatis Daniacæ edita.* I, 1829.

² *Untersuchungen über den Einfluss des Windes auf den Barometerstand, die Temperatur, die Bewölkung des Himmels und die verschiedenen Meteore zu Karlsruhe.* Heidelberg. 1837.

de l'arc de rotation, on remarque cette prépondérance non-seulement dans la moyenne de toute l'année, mais aussi dans celles des différentes saisons.

Afin de faire voir d'un coup d'œil le résultat de ces recherches, sans la moindre intention de vouloir donner une détermination de la vitesse de rotation, j'ai calculé, au moyen de la formule de Lambert, la direction moyenne donnée par toutes les observations faites avant chaque vent et aussi par celles faites après, et j'ai retranché le dernier de la première. Le signe — indique une rotation dans une direction contraire à la loi.

	HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	ANNÉE.
N.	5° 6'	10° 0'	8° 40'	7° 30'	8° 5'
N. E.	1 24	2 34	0 27	2 25	. .
E.	1 15	4 52	7 1	2 50	8 5
S. E.	22 55	15 5	16 6	21 21	12 18
S.	0 19	2 42	4 42	—1 4	1 10
S. O.	0 51	2 4	0 46	1 3	1 8
O.	1 24	1 5	—0 15	1 26	0 41
N. O.	11 23	11 12	7 40	10 45	9 50

Les heures de l'observation étant 7, 2, 9, les changements de direction sont rapportés à des périodes de sept ou dix heures.

Berlin. — EMSMANN¹ a compté les rotations à Berlin en 1831-1835. Il a trouvé 347,2 directes et 277,8 rétrogrades; de sorte que les premières excèdent les dernières de 69,4. Il a trouvé en outre que la moyenne annuelle des révolutions directes complètes sans aucune interruption était de 12, et celle des rétrogrades de 3.

¹ *Untersuchungen über die Windverhältnisse in Berlin.* Frankfurt-sur-l'Oder, 1839.

Gnadenfeld près Kosel en Silésie. — KÖLBING¹ a trouvé dans une année 10 révolutions directes complètes; 1 de 3 jours, 4 de 4 jours, 1 de 7 et 1 de 19 jours. Dans les années suivantes, 1844 et 1845², pendant lesquelles les observations ont été quelquefois interrompues, il a trouvé 21 rotations directes complètes, dont la durée a varié de 16 heures à 11 jours, et pas une seule rotation rétrograde complète.

Lenzburg en Suisse. — HOFMEISTER³ trouve pour 6 années entre les rotations rétrogrades et directes, pour les différents arcs, les proportions suivantes :

Arc $220^{\circ} \frac{1}{2}$	1 : 1
— 45	1 : 1.2754
— $67^{\circ} \frac{1}{2}$	1 : 1.4859
— 90	1 : 1.4379
— $112^{\circ} \frac{1}{2}$	1 : 1.0769
— 135	1 : 1.1944
— $157^{\circ} \frac{1}{2}$	1 : 0.7879

Pays-Bas. — BUYS-BALLOT's⁴. Ses calculs embrassent 34 années divisées en 4 groupes, soit 1730-1737 ; 1737-1743 ; 1749-1758 ; 1760-1769. Les observations ont été dirigées dans trois occasions par Musehenbroek; les calculs ont été faits de la manière suivante. Si le vent était Ouest dans l'origine, on l'a inscrit en tête de la colonne ; si pendant l'observation suivante il était N. O., on a tiré un trait vertical dans la colonne entre l'O. et le N. O. Si le N. E. a soufflé après le N. O., on a tiré deux traits semblables, un entre le N. O. et le N. et un entre le N. et le N. E. Si le N. a suivi le N. E., on a tiré un trait horizontal entre le N. et le N. E. Si le S. O. a suivi le N. on a tiré trois traits, soit entre le S. O. et l'O., entre l'O. et le N. O., et entre le N. O. et le Nord. De cette manière, toutes les rotations avec les repos intermédiaires ont été marquées, les directes par des traits verticaux, les rétrogrades par des traits horizontaux. Si les directions données par deux observations successives étaient diamétralement opposées, on l'a noté dans la colonne par le mot

¹ *Meteorologische Beobachtungen.* Annales de Poggendorff, LXII, page 573.

² Annales de Poggendorff, LXXI, page 509.

³ *Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft*, 10, p. 5.

⁴ *Einiges über Dove'sche Drehungsgesetz.* Annales de Pogg., LXVIII, p. 417.

(saut), puisqu'on n'a pas pu déterminer le sens dans lequel la rotation s'est produite. La table ci-dessous contient les résultats de ces calculs; — indique comme d'ordinaire les rotations rétrogrades.

HIVER.

	1730-1737.	1737-1743.	1749-1758.	1760-1769.	SOMME.
S. — S. O.	2	27	33	17	79
S. O. — O.	0	28	32	14	74
O. — N. O.	0	29	27	13	69
N. O. — N.	— 4	30	24	8	62
N. — N. E.	— 4	24	24	9	55
N. E. — E.	— 1	23	26	7	55
E. — S. E.	0	22	33	11	66
S. E. — S.	2	23	32	18	75
Changements...	— 5	206	233	97	635
Sauts.....	35	25	40	43	103

PRINTEMPS.

	1730-1737.	1737-1743.	1749-1758.	1760-1769.	SOMME.
S. — S. O.	12	3	13	16	44
S. O. — O.	11	3	13	17	44
O. — N. O.	9	8	19	12	48
N. O. — N.	11	5	15	9	40
N. — N. E.	12	9	17	13	51
N. E. — E.	13	10	18	11	60
E. — S. E.	15	4	14	23	56
S. E. — S.	12	5	17	24	58
Changements...	93	57	126	155	431
Sauts.....	41	28	60	67	196

ÉTÉ.

	1730-1737.	1737-1745.	1749-1758.	1760-1769.	SOMME.
S. — S. O.	11	18	15	15	59
S. O. — O.	10	18	16	15	59
O. — N. O.	8	11	21	18	58
N. O. — N.	8	13	22	21	64
N. — N. E.	8	9	19	23	59
N. E. — E.	8	9	16	20	53
E. — S. E.	11	16	12	17	56
S. E. — S.	9	15	10	17	51
Changements..	73	109	131	146	459
Sauts.....	33	26	51	46	156

AUTOMNE.

	1730-1737.	1737-1745.	1749-1758.	1760-1769.	SOMME.
S. — S. O.	8	11	19	14	43
S. O. — O.	8	12	22	23	65
O. — N. O.	15	18	21	17	71
N. O. — N.	18	17	21	18	74
N. — N. E.	17	19	15	19	70
N. E. — E.	17	19	11	13	60
E. — S. E.	10	14	7	16	47
S. E. — S.	9	15	8	13	45
Changements..	102	128	122	133	485
Sauts.....	27	22	36	30	115

La première colonne de la table suivante contient les nombres pour cinq autres années, soit 1729, 1744, 1747, une année inconnue et 1759; la seconde ceux pour trente-neuf années.

	CINQ ANNÉES.	TRENTE-NEUF années.
S. — S. O.	73	322
S. O. — O.	63	318
O. — N. O.	58	312
N. O. — N.	50	300
N. — N. E.	54	299
N. E. — E.	51	292
E. — S. E.	58	295
S. E. — S.	65	109
Girations.....	499	2547
Sauts.....	$80 + x$	$650 + x$

La dernière colonne donne une moyenne annuelle de $60 \frac{1}{6}$ comme excès de rotations directes sur les rotations rétrogrades, et si nous évaluons à 19 le nombre de sauts de l'année 1729 dans laquelle on ne les a pas observés, nous aurons une moyenne annuelle de $17 \frac{1}{6}$ sauts. Ainsi donc si nous comptons les sauts comme étant égaux à 4 fois un changement dans une direction indéterminée, nous avons pour l'excédant de rotations directes $60 \pm 58 \frac{2}{3}$.

En outre le nombre des changements directs dans les différentes saisons est presque constant; peut-être est-il un peu plus grand en hiver. Quant à la vitesse avec laquelle les changements se produisent, il est évident que, puisque le vent peut accomplir un nombre égal de changements sur tous les points du compas, elle est en proportion inverse de la fréquence avec laquelle le vent souffle de chaque rumb. Si nous prenons $\frac{3}{5}$ pour le nombre de sauts dans la direction de la giration directe, et par conséquent 66.8 pour celle des changements positifs, nous verrons que comme les huit rumb sont à 45° l'un de l'autre, le vent tournera $\frac{66.8}{8}$ fois dans chaque quart, et dans n fois $\frac{327.5}{n}$ degrés. Ce qui nous donne en moyenne :

S. au S. O.....	4° 1	N. au N. E.....	6° 0
S. O. à l'O.....	5 4	N. E. à l'E.....	5 85
O. au N. O.....	5 6	E. au S. E.....	6 5
N. O. au N.....	4 55	S. E. au S.....	6 2

Liverpool. — FOLLET OSLER¹, dans le « rapport du 25^e meeting de l'association britannique tenu à Glasgow en septembre 1855, » a donné les résultats qui ont été obtenus sous la direction de Hartnup à l'observatoire de Liverpool, au moyen de l'anémomètre enregistreur perfectionné par Robinson, en 1852-1855. On y a observé les révolutions complètes ci-dessous :

ANNÉE.	DIRECTE.	RÉTROGRADE.	EXCÈS DES DIRECTES
1852.	28	12	16
1853.	21	12	12
1854.	26	2	24
1855.	24	10	14
Moyenne.....	25.5	9	16.5

Greenwich. — Les calculs sont tirés de Glaisher. (Observations magnétiques et météorologiques faites à Greenwich pour 20 années)

A Greenwich, l'excédant annuel moyen des rotations directes sur les rotations rétrogrades pendant les dix-sept premières années est de quatorze révolutions complètes. Dans les différentes années comprises entre 1842 et 1858, il a été comme suit : 13.0, 20.7, 21.6, 7.5, 18.1, 10.7, 12.1, 23.3, 15.9, 19.1, 8.8, — 1.8, 6.8, 10.6, 16.3, 14.7, 24.0. Nous voyons que l'année 1853 présente une anomalie complète. Quant à sa température, elle a offert

¹ *An account of the self-registering Anemometer and Rain-gauge erected at the Liverpool Observatory in the autumn of 1851, with a summary of the records for the years 1852, 1853, 1854 and 1855.*

cette exception à la règle générale que dans l'Allemagne orientale le mois de mars a été plus froid que le mois de février, qui lui aussi a été plus froid que le mois de janvier. A Berlin, la température pendant ces deux derniers mois a été la même. Un fait assez curieux c'est que cette distribution inusitée de température a été accompagnée par des mouvements anomaux de la girouette et dans une telle étendue qu'on n'en avait jamais observé de semblables depuis qu'on se sert des instruments enregistreurs. Dans tous les calculs de moyennes pour une courte période, on devra donc rejeter totalement l'année 1853.

Dans la table suivante, nous avons ajouté ensemble les rotations exprimées en degrés pour les différentes années, et déterminé ainsi la moyenne absolue. Nous voyons que les grandes anomalies des dernières années diminuent matériellement l'excès en automne; de fait il disparaît complètement en octobre. Ce qui prouve probablement que les cyclones sont plus communs dans cette période.

Les années 1859, 1860 et 1861 ont été comprises dans cette table, d'après le désir du professeur Dove. Elles ne sont pas dans l'édition allemande.

	1812.	1815.	1841.	1845.	1846.	1847.	1848.
Janvier.....	155	270	112	—90	45	225	0
Février.....	540	495	—505	855	—720	—1,012	—155
Mars.....	205	1,527	1,012	582	675	562	922
Avril.....	537	551	754	—270	1,117	1,060	—515
Mai.....	500	1,925	652	515	540	155	1,215
Juin.....	1,525	1,102	405	1,462	—1,527	382	720
Juillet.....	472	810	2,677	560	—155	1,012	990
Août.....	270	1,200	607	—180	1,012	—22	1,282
Septembre.....	161	90	2,580	225	292	201	180
Octobre.....	90	67	—112	—217	—382	157	—45
Novembre.....	155	—427	—90	1,125	67	712	—652
Décembre.....	582	—22	—292	•	—502	225	180

	1849.	1850.	1851.	1852.	1853.	1854.	1855.
Janvier.....	945	652	585	560	67	1,035	—225
Février.....	560	157	900	560	— 217	292	—540
Mars.....	472	1,957	1,080	1,192	— 67	2,227	180
Avril.....	—479	922	742	560	—1,057	582	—712
Mai.....	900	67	1,957	—180	877	—1,597	1,192
Juin.....	2,349	1,237	—537	22	— 495	— 202	1,170
Juillet.....	607	135	852	1,102	— 720	2,475	720
Août.....	1,282	515	427	292	1,035	1,710	925
Septembre.....	675	—90	652	45	557	—2,970	1,957
Octobre.....	1,170	—22	—560	—1,102	—1,080	— 585	—225
Novembre.....	562	157	—202	495	720	— 515	—810
Décembre.....	—427	225	607	225	90	0	270

	1856.	1857.	1858.	1859.	1860.	1861.	MOYENNE pour 20 années.
Janvier.....	405	—270	155	582.5	112.5	—515	258
Février.....	180	—67	—202.5	22.5	—112.5	560	16
Mars.....	810	1,055	1,237.5	495	742.5	582.5	856
Avril.....	—720	405	2,137.5	427.5	—540	1,117.5	209
Mai.....	180	1,125	—560	1,192.5	900	852.5	641
Juin.....	2,250	1,260	5,735	1,960	—585	0	752
Juillet.....	1,170	720	—585	1,505	—852	217.5	700
Août.....	495	0	472.5	225	— 45	582.5	578
Septembre.....	697	270	405	292.5	—270	515	505
Octobre.....	427	45	135	67.5	—247.5	1,440	55
Novembre.....	45	697	922.5	450	—202.5	45	268
Décembre.....	—90	—22	652.5	—852.5	515	855	92

Ce qui donne annuellement quatorze révolutions complètes.

Oxford (observations météorologiques faites à l'observatoire de Radcliffe).—D'après les observations faites par Johnson dans l'année 1856, entre le milieu de juillet et la fin de décem-

bre, le rapport entre les rotations directes et rétrogrades a été 24 : 19.

Dans l'année 1857, l'excès des premières sur les dernières a été de 9 révolutions complètes.

Bruxelles. — QUETELET a calculé pour Bruxelles les années 1842 à 1846. Il donne dans la table suivante l'excès des rotations directes sur les rétrogrades.

	HIVER.	PRIN- TEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	ANNÉE.
1842.....	2	5	12	2	21
1843.....	1	0	8	1	11
1844.....	0	7	2	1	10
1845.....	0	4	5	1	10
1846.....	1	8	8	—1	16
Moyenne.....	0.8	4.8	7.0	1	14

La plus courte période d'une révolution complète a été trente-neuf heures, la plus longue quatre-vingt-huit jours; le rapport entre les changements directs et rétrogrades pendant les différents mois a été de — 0.97, 1.00, 1.06, 2.89, 1.47, 2.00, 2.45, 2.18, 1.53, 1.30, 0.75, 1.58. Janvier et novembre sont anomaux d'après ce résultat, surtout le dernier mois.

Kharkow. — LAPSHINE, dans un traité spécial : « Les vents qui soufflent à Kharkow suivent-ils la loi découverte par M. Dove ? » a trouvé que l'excès des rotations directes pour une moyenne de cinq années (1845-1849) était de quinze révolutions complètes, et pour chaque mois pris séparément, les rapports des excès ont été comme suit : 25.2, 5.6, 19.8, 36.2, 32.8, 35.8, 16.8, 21.4, 14.2, 16.2, 12.4, 4.5. Février et décembre minimum; avril, mai et juin maximum. L'année 1846, anormale.

Le nombre de révolutions complètes à Liverpool, Londres, Bruxelles et Kharkow étant 16.5, 13.6, 14, 15 respectivement,

nous voyons qu'il existe une concordance entre les résultats obtenus dans l'Europe occidentale et orientale ; évidemment il ne pouvait pas en être autrement, puisque le phénomène est produit par la succession de courants polaires et équatoriaux ayant une grande extension latérale ; cette extension latérale du courant est également prouvée par les résultats de mes recherches sur les changements non périodiques de température, desquels il résulte que lorsqu'on éprouve temporairement une température trop élevée dans un endroit quelconque, cet excès est toujours compensé par une température trop basse dans quelque endroit voisin, mais qu'il est toujours nécessaire de faire des observations sur un espace très-grand pour sortir des limites de l'un des courants.

Madrid. — Rico y SINOBAS¹ donne le nombre suivant de révolutions complètes obtenues par l'anémomètre d'Osler en 1854.

	DIRECTE.	RÉTROGRADE.	EXCÈS.
Hiver.	12	6	6
Printemps.	11	8	3
Été.	26	5	21
Automne.	16	5	11
Année.	65	24	41

*Bermudes*². — Excès des changements directs sur les changements indirects en degrés.

¹ *Resumen de los Trabajos Meteorologicos correspondientes al anno 1854, verificados en el Real Observatorio de Madrid, 1854, in-4°.*

² *Anemometry at Bermuda (Eighth number of meteorological papers published by authority of the Board of Trade).*

	1828.	1800.	MOTENNE.
Janvier.....	»	1,710	»
Février.....	»	1,035	»
Mars.....	»	1,738	»
Avril.....	540	2,002	1,271
Mai.....	945	1,147	1,046
Juin.....	405	515	405
Juillet.....	—90	1,057	485
Août.....	450	967	709
Septembre.....	585	675	650
Octobre.....	1,800	»	»
Novembre.....	2,155	»	»
Décembre.....	1,200	»	»
58 révolutions complètes.			

D'après les recherches faites sur les tempêtes de la côte Ouest d'Europe, recherches que nous publierons plus loin, nous pouvons conclure que le plus grand nombre de ces tempêtes suit absolument la route de celle du 24 décembre 1821 qui, ainsi que je l'ai prouvé dans l'année 1828, était un cyclone et dont je parlerai plus en détail dans la seconde partie de cet ouvrage. Elles marchent du S. O. au N. E., et quelques parties de l'Angleterre se trouvent fréquemment au côté Ouest de la route de leur centre. Le phénomène de deux vents qui se combattent et que nous examinerons après les cyclones paraît, selon toutes les observations que nous avons pu nous procurer, être plus commun dans l'Europe centrale et orientale. Les tempêtes de la Méditerranée et de la mer Noire semblent offrir à un haut degré le caractère d'une lutte entre l'alizé de retour lorsqu'il descend des régions les plus élevées de l'atmosphère avec le courant polaire qui se meut dans une direction contraire.

Ceci nous conduit à cette conclusion que la principale cause de la difficulté de voir la Loi de Giration se produire dans l'Europe orientale est la « lutte des courants ; » dans l'Europe occidentale c'est la perturbation produite par les cyclones.

Pour conclure nous joindrons ici les résultats suivants, exprimés en degrés, que nous avons obtenus au moyen de l'anémomètre d'Osler à Bombay. Le phénomène normal se montre là surtout au changement de la mousson, mais on l'observe dans toutes les saisons. Bien que l'on puisse appliquer le principe d'Hadley au changement de la mousson, cependant nous ne pouvons l'appliquer directement aux plus petites oscillations des courants que lorsqu'ils sont bien établis ; conséquemment la question de savoir jusqu'à quel point elles sont dues à des causes locales est laissée à la détermination des observateurs.

	1848.	1849.	1850.	1851.	MOYENNE.
Janvier.....	709	0	720	720	537
Février.....	1,080	720	1,080	337	645
Mars.....	1,706	1,440	720	1,103	1,257
Avril.....	1,091	1,080	—45	1,035	790
Mai.....	315	382	—68	25	165
Juin.....	372	270	697	—450	222
Juillet.....	709	1,080	360	763	729
Août.....	382	180	1,080	360	500
Septembre...	383	1,258	472	1,125	805
Octobre.....	2,109	1,462	3,228	1,463	2,035
Novembre...	1,800	945	720	360	706
Décembre...	1,080	925	720	45	692

Le résultat final des recherches précédentes prouve clairement que la Loi de Giration est décidément appréciable dans les observations directes de la girouette, nonobstant toutes les influences perturbatrices.

J'ai cité un si grand nombre de preuves de la rotation régulière du vent parce que j'ai voulu surtout établir un fait qui, lorsque je publiai mes premières recherches sur la Loi de Giration en 1827, a été nié par Schouw, et dont il n'a pas été fait mention également dans les ouvrages sur la météorologie de Cotte, Deluc, Saussure, Dalton, Daniell, ou Howard. Dix années après, Pouillet s'exprimait à ce sujet de la manière suivante :

« On a cru remarquer que dans certains lieux les vents se succèdent dans un ordre déterminé; mais ces observations présentent encore trop d'incertitude pour qu'il nous soit permis de les discuter ici. »

3. — LE CHANGEMENT RÉGULIER DU VENT DANS L'HÉMI-SPHÈRE SUD.

→ S., S. E., E., N. E., N., N. O., O., S. O., S. ←

1. Je dois à l'obligeance du capitaine Wendt, qui a fait plusieurs fois le tour du monde comme commandant du navire prussien la *Prinzess-Luise*, la note suivante en réponse à une demande que je lui avais adressée :

« Le vent dans l'hémisphère Sud tourne ordinairement du N. au S. et S. E. par l'Ouest. Sa direction est par conséquent contraire à celle du vent dans l'hémisphère Nord. Autant que je me le rappelle, ce fait se produit ainsi : en été, auprès du cap de Bonne-Espérance, le vent est principalement S. E.; mais si le vent tourne au N., il fraîchit toujours. Vers la fin de l'été, après un calme de courte durée, le vent souffle ordinairement très-modéré du S. E., avec le ciel extrêmement clair. Aussitôt que le vent tourne vers l'E., il s'établit en brise faite; et s'il a halé le N., on sera certain de voir à l'horizon dans l'O. des nuages et des éclairs, et dans moins d'une demi-heure on aura presque toujours une tempête de l'O. N. O. qui ne cessera que lorsque, après 24 ou 48 heures, le vent aura tourné plus au S. »

« Près du cap Horn, tant dans l'E. que dans l'O., avec un vent de N., le temps est généralement beau; quand il tourne au N. O. il souffle fort immédiatement; si le vent vient de l'O. N. O. au S. O., il souffle ordinairement en tempête (ce qui a lieu fréquemment aussi de l'O. N. O., après lequel il passe au N. O.). Le vent diminue à mesure qu'il tourne au S.; le S. S. E. amène du beau temps, souvent suivi de calme. »

LE GENTIL¹ (*mer Ethiopienne*) : « Le 25 et le 26 nous reçûmes un coup de vent qui tourna du N. au S. O. par l'O., et je remarquai un fait que vous avez eu l'occasion d'observer plus souvent que moi, c'est que les vents ne suivent pas la même loi dans cet hémisphère que dans l'hémisphère Nord ; dans ce dernier, ils font le tour du compas du N. au N. E., E., S. E., S., etc.; dans l'hémisphère Sud, au contraire, ils tournent dans une direction opposée. Les tempêtes avec coups de tonnerre, les coups de vent et les orages paraissent avoir de l'analogie dans les deux hémisphères. Les physiciens n'ont pas encore donné l'explication de ce phénomène. »

DON ULLOA² (*océan Pacifique*) : « Le vent dans l'océan Pacifique Sud ne se fixe jamais au N. E., et il ne passe pas non plus de ce rumb à l'Est. Il varie constamment vers l'O. ou au S. O., contrairement à ce qui a lieu dans l'hémisphère Nord. Dans les deux hémisphères, le changement de vent correspond ordinairement au cours du soleil; ainsi dans l'hémisphère Nord, il tourne de l'E. au S. et de là à l'O.; et dans l'hémisphère Sud de l'E. au N., puis à l'O. »

FORSTER³ (*mer du Sud*) : « Entre 40° et 60° de latitude S., dans l'année 1773, nous rencontrâmes tout à coup les vents d'E. qui étaient contraires à notre route dans le moment. Un fait très-remarquable, c'est que chaque fois que le vent changea, ce qui eut lieu quatre fois depuis le 5 juin jusqu'au 5 juillet, il fit graduellement la moitié du tour du compas dans une direction contraire au cours du soleil. » Forster s'est servi évidemment de l'expression usitée ordinairement parmi les marins, et il a voulu dire dans le sens contraire au cours du soleil dans l'hémisphère Nord.

DON COSME CHURRUA⁴ (*détroit de Magellan*), (communiqué par le baron de Humboldt) : « Dans l'hémisphère Sud, les vents

¹ Voyage dans les mers de l'Inde, vol. II, p. 701. Lettre à M. de La Nux.

² Voyage to South America, vol. 1^{er}, p. 8, chap. 3.

³ Bemerkungen, p. 111.

⁴ Appendice à la Relacion del Viage al Magellanes, Madrid, 1793, p. 15.

se succèdent ordinairement dans un ordre contraire à celui qu'ils suivent dans le nôtre. Dans nos mers, les vents tournent du N. à l'E., S., O. et au N.; dans l'hémisphère Sud, au contraire, ils tournent du N. à l'O., S., E. et au N. »

HORSBURGH¹ (*Océan Atlantique Sud*, latitude 38°) : « Quoique les vents d'O. dominant ici pendant la plus grande partie de l'année, ils sont souvent très-variables, faisant tout le tour du rompas en suivant le cours du soleil tous les deux, trois ou quatre jours avec des calmes par intervalles, surtout quand le vent souffle du S. O. Lorsqu'un temps nuageux accompagne les vents de N. et de N. O., il y a à craindre une saute de vent au S. O. et au S. »

Mer au S. du banc des Aiguilles². — « Autour du banc, comme en pleine mer dans le S. O., le S. E. et au S. du cap, lorsque les vents changent, ils suivent le cours du soleil, tournant rarement du N. à l'E., etc.; mais le plus souvent du N. O. à l'O., au S. O. et au Sud. Après un coup de vent de N. O. ou d'O., si le vent tourne au S. O. et au S., il faiblit ou il est suivi par du calme. Si une faible brise continue, il tourne au S. E., où il peut se fixer pendant un temps considérable, mais pas plus d'un jour très-probablement si c'est dans l'hiver. Du S. E. il tourne à l'E. et au N. E., puis au N. N. E. et au N. »

« Quand les vents de S. E. ou d'E. S. E. passaient au N. E., les commandants hollandais recevaient l'ordre de serrer la grande voile. S'il y avait des éclairs dans le N. O., ils laissaient porter et diminuaient de voiles, parce que, dans le premier cas, ils attendaient un fort coup de vent de N. O., et si l'on voyait des éclairs dans cette direction, ils croyaient que le coup de vent commencerait par une saute de vent ou un tourbillon qui pourrait être dangereux si les bâtiments étaient masqués. »

Mer au S. de l'Australie³. — « Près de la côte Sud de l'Australie,

¹ *East India directory*, vol. 1, p. 67.

² *Id.*, vol. 1, p. 91.

³ *Id.*, vol. 1, p. 97.

la marche des coups de vent a lieu comme suit : le baromètre baisse à 749.29, ou plus bas, et le vent commence à souffler du N. O. avec le temps sombre; ordinairement il pleut; il tourne graduellement à l'O. augmentant en force, et quand il passe au S. de ce rumb, le temps commence à s'éclaircir. Au S. O. le coup de vent souffle le plus fort et le baromètre monte; en même temps le vent passe au S. ou au S. S. E., et il devient modéré avec beau temps; le baromètre au-dessus de 761.99. »

KING et FITZROY¹ (*côte Sud du Chili*) : « Avec les vents de N. et de N. O., le ciel est couvert, le temps variable, humide et désagréable. Ces vents sont toujours accompagnés de nuages, et ordinairement par un temps sombre et pluvieux. Du N. O. le vent passe généralement au S. O. et de là au Sud. Quelquefois il fait le tour du compas dans un grain violent, avec pluie, éclair et tonnerre. D'autres fois il tourne graduellement. Aussitôt que le vent est au S. de l'O., les nuages commencent à se disperser, et quand le vent de S. fixe approche, le ciel devient clair et le temps chaud et agréable. Un changement de vent frais au S. est ordinairement suivi par une brise maniable du S. O., avec un très-beau temps. Des vents faibles et variables viennent après, les nuages couvrent le ciel graduellement et une autre rotation commence généralement par des brises faibles ou modérées du N. E. avec le ciel couvert et souvent de la pluie. Tel est l'ordre général dans lequel les changements de vent ont lieu; quand le vent tourne contrairement à cet ordre, ou revient sur lui-même, on doit s'attendre à avoir du mauvais temps avec des vents violents. »

FITZROY² (*Terre-de-Feu*) : « Le vent du N. commence toujours à souffler modérément, mais avec un temps très-sombre et beaucoup plus de nuages que lorsque le vent est à l'E.; il est généralement accompagné d'une petite pluie; en augmen-

¹ *Narrative of the surveying voyages of the Adventure and Beagle*, appendix to vol. II, p. 184.

² *Id.*, p. 314. *Sailing directions for Terra del Fuego*.

tant en force, il tourne à l'O. graduellement, et il souffle avec violence entre le N. et le N. O. avec de gros nuages, un temps sombre et de fortes pluies. Quand la violence du vent de N. O. est affaiblie, ce qui varie entre douze et cinquante heures, ou même quand il souffle fort, le vent saute quelquefois brusquement au S. O. où il souffle plus fort qu'auparavant. Ce vent balaye promptement les nuages, et dans quelques heures le temps s'éclaircit, quoiqu'il y aura peut-être quelques grenasses par intervalle. Toutes les sautes et changements de vent ont lieu du N. au S. par l'O. pendant l'été. Le baromètre est le plus bas avec les vents de N. O. et le plus haut avec le S. E. Il est bas avec le N. O. et le Nord. S'il baisse à 736,59 ou 731,51, on peut compter sur un coup de vent de S. O.; mais il ne commencera à souffler que lorsque le mercure aura cessé de descendre. »

Entre le cap Horn et 40° S.¹ — Si le ciel se couvre pendant le calme, qui est ordinairement de courte durée, la première brise qui s'élèvera sera du N. et du N. N. E.; elle meurt graduellement, la pluie commence à tomber et le temps devient sombre, surtout près de la côte. Si le vent a passé au N. O., il tourne généralement à l'O. S. O., souvent avec de fortes grenasses, ou pendant un grain qui souffle brusquement et le vent acquiert sa plus grande force. Toutes les fois que ces grains de l'O. S. O. ont duré pendant un certain temps, ils cessent avec le S. O., et le temps devient beau; le vent change ensuite, mais rarement au S. S. O. et au S. S. E. Ces derniers changements se produisent surtout, près de la côte et dans le S. O. du cap Horn. »

Du PETIT-THOUARS² (Valparaiso) : « Dans l'hiver les vents sont variables; s'ils viennent du N. E. et du N., ils sont accompagnés de pluie et de nuages; s'ils fraîchissent du N., ils tournent au N. O. avec des grains, puis à l'O. et au S. qui ramène le beau temps. « Les observations faites dans la rade de

¹ Instructions sur les côtes du Pérou, 1824, p. 7. Dépôt général de la marine.

² Plan de la baie de Valparaiso.

Valparaiso donnent les mêmes résultats que celles de Du Petit-Thouars; c'est-à-dire que si, après le calme, la brise s'élève du N. et du N. N. E., elle tourne au N. O., puis au S. O., S. et S. E. »

HEYWOOD¹ (*Rio de la Plata*) : « Avant un coup de vent de S. O. ou un *pampero*, le temps est ordinairement incertain avec des vents variables du N. et du N. O., précédé par une baisse considérable du baromètre. Il monte un peu cependant avant que le vent passe au S. O., et il continue souvent à monter, même alors que le vent souffle le plus fort de ce rumb. »

BASIL HALL² : « J'ai remarqué généralement que dans l'hémisphère Sud le vent change plus fréquemment du S. à l'E., N., O., S. que dans la direction inverse, tandis qu' dans l'hémisphère Nord il tourne plus fréquemment du S. à l'O., N., E., S. »

DUMONT-D'URVILLE (extrait du journal de l'*Astrolabe* faisant connaître les différentes variations du vent dans l'hémisphère Sud pendant les années 1826-1827 (lettre particulière). Toulon, le 3 août 1837, au moment de partir pour son dernier voyage autour du monde) :

« 1826. Du 10 au 13 août (latitude S. 30°, longitude O. 23°), le vent qui était faible à l'O. S. O. tourne au S. et au S. S. E., où il souffle avec une grande violence; puis il passe à l'E. S. E. et au N. E., où il est de nouveau faible. »

« 1826. Du 14 au 16 août (latitude S. 31°, longitude O. 16°), le vent, d'abord faible du N. E. et du N. O., devient très-fort de l'O. N. O. au S. S. O., puis plus modéré du S. et du S. S. E. »

« 1826. Du 19 au 30 août (latitude S. 33°—37°, longitude O. 13°—29° E.), le vent souffle avec une grande violence du N. O., O. et S. O., tempête du N. O. où il mollit et tourne le jour suivant au S. O., S. S. O., S., S. S. E. et N. E. »

« 1826. Du 6 au 11 septembre (latitude S. 37°—38°, longitude

¹ *Instructions and observations for navigating the Rio de la Plata.*

² Extrait d'une lettre particulière.

E. 50°), vent violent du N. E. et N. N. E. avec beau temps, puis N., N. O. et O. »

« 1826. Du 8 au 24 octobre (latitude S. 39°, longitude E. 115°), le vent en général frais du N. O. et du S. O.; dans une circonstance, du 16 au 19, il a fait graduellement le tour entier du compas du N. O. au S. O., S., S. E., S. S. E., N. E., N. N. O., N. O. »

« 1826 (rétrograde), (latitude S. 38°, longitude E. 122°). Un vent très-fort de N. E. saute tout à coup au S. S. E. et le jour suivant il passe au S. S. O. et à l'O. où il meurt. »

« 1826, 5 novembre (latitude S. 39°, longitude E. 135°). Le vent de N. N. E. passe au N. N. O. et devient modéré; il tourne le jour suivant par le S. S. O. au S. S. E. et à l'E. »

« 1826. 19 au 28 novembre (latitude S. 39°, longitude E. 142° — 148°). Les vents ne sont pas forts, mais ils tournent trois fois de droite à gauche tout autour du compas, c'est-à-dire du N. au S. par l'O. et du S. au N. par l'E. »

« 1826. 29 novembre au 2 décembre (latitude S. 39°, longitude E. 148°). Le vent tourne de nouveau deux fois dans la même direction. »

« 1827. Du 5 au 9 janvier (latitude S. 40° — 43°, longitude E. 160°). Le vent d'abord fort du N. E. souffle ensuite avec violence du N. O. et de l'O. N. O.; il devient coup de vent du S. et S. S. E., puis il est modéré. »

« 1827. Du 12 au 16 février (latitude S. 35°, longitude E. 176°). Un vent de l'O. N. O. et d'O. tourne au S., puis à l'E. et au N. E. où il souffle en ouragan; après quoi il tourne au N. O. de nouveau, passe à l'O. et meurt quand il arrive au S. O. »

« 1827. 13 mars. Baie des Iles (latitude S. 35°, longitude E. 171°). Le vent qui était très-frais du N. N. O. et du N. O. tourne à l'O. S. O. et au S. O., et meurt quand il passe du S. au S. E. et au S. S. E. »

« 1827 (rétrograde), 31 mars (latitude S. 33°, longitude E. 177°). Un vent violent de N. passe au N. E., E., S. E., S. S. O. et S. O. et continue à souffler avec violence à ce rumb, où il meurt. »

M. Dumont-d'Urville ajoute à ces extraits de son journal les observations suivantes : « M. Dove pourra voir que sur 18 cas

bien prononcés, 2¹ seulement paraissent être en opposition avec la loi de transition du N. au S. par l'O., et du S. au N. par l'Est. Je me rappelle aussi très-bien que toutes les fois que nous avions des vents violents du N. O. ou du S. O. nous nous attendions à voir le vent tomber quand il approchait du Sud. M. Dove peut compter que dans ma prochaine campagne je ferai noter d'une manière très-exacte par les officiers de l'*Astrolabe* le sens dans lequel le vent tournera dans l'hémisphère austral, et peut-être pourrai-je adresser de Valparaiso une note à ce sujet à M. de Humboldt qui la transmettrait à M. Dove. »

LEICHHARDT (*Australie*) (lettre particulière). Sydney, 18 juin 1842. « Je me suis occupé à Sydney de votre théorie des vents, mais, comme je m'y attendais, le vent dans ces pays tourne dans une direction contraire. A Sydney le vent de N. O. chaud est invariablement suivi d'un vent violent du S. ou du S. O. qui chasse sur la ville d'épais nuages de poussière élevée aux montagnes qui sont en face de Botany Bay. On appelle ce vent *champ de brique*, parce qu'il vient des terrains argileux. Il est froid et le changement de température qu'il produit est quelquefois extraordinaire, 10° — 15°. M. Clarke trouve que tous les orages tournent du S. à l'O., N. et E., tandis que le changement régulier du vent est du S. à l'E., N. et O. »

STRELECKI² (*Australie et Terre de Van Diemen*) : « Les journaux météorologiques de port Macquarie, port Jackson, port Phillip et port Arthur, montrent également que, à chacune de ces stations, lorsque les vents changent de direction, c'est toujours dans une direction déterminée, c'est-à-dire de gauche à droite du méridien lorsqu'on regarde l'équateur. Ces observations confirment la loi proposée par Dove, dans ses *Meteorologische Untersuchungen*, non-seulement pour la rotation dans des directions contraires pour les deux hémisphères, mais aussi quant à l'effet inverse produit sur le baromètre, le thermomètre, l'hygromètre et le pluviomètre. »

¹ Ce sont probablement des cyclones.

² *Physical Description of New South Wales and Van Diemen's Land.*

18. **HORNER**¹ (*Montevideo*) : « Le vent tourne en général de l'E. au N., et de là à l'O. et au Sud. Les vents de N. et de N. O. sont les plus chauds, ceux de S. et de S. E. les plus froids. »

19. **BYRON DRURY**² (*Nouvelle-Zélande*) : « Le vent tourne presque invariablement avec le soleil, ou dans le sens des aiguilles d'une montre. Les changements ont lieu par conséquent en sens inverse de ceux de l'hémisphère Nord, bien que là aussi ils suivent le cours du soleil. »

20. **VON WÜLLERSDORFF-URBAIN**³ (*hémisphère Sud*) : « A certains intervalles, nous avons eu des vents de S. E., mais après une période plus ou moins longue, ils tournaient par l'E., le N. E. et le N. au N. O., O., S. O. et quelquefois même au Sud. Ces changements prenaient plusieurs jours. Le vent ne dépassait jamais une force ordinaire, si ce n'est à Saint-Paul et près du cap de Bonne-Espérance. »

21. *Melbourne*⁴. Excès des changements directs sur les changements rétrogrades (révolutions complètes). La direction de la rotation est renversée.

1858.		1858.		1859.	
Mars.....	9.2	Août.....	1.8	Janvier.....	4.8
Avril.....	4.2	Septembre....	6.2	Février.....	2.8
Mai.....	2.1	Octobre.....	1.5		
Juin.....	2.6	Novembre.....	3.3		
Juillet.....	3.5	Décembre.....	6.2		

22. **VAN GOGH**⁵ (*hémisphère Sud*) : « Quand le vent est S. E., frais et accompagné de bruine, le baromètre monte doucement

¹ Topographie médicale du Brésil et de l'Uruguay. Philadelphie, 1845, page 20.

² Météorologie de la Nouvelle-Zélande, premier numéro des brochures météorologiques publiées par le Board of Trade, 1857, p. 65.

³ Beitrag zur Theorie der Luftströmungen, 1858, p. 11.

⁴ Résultats des observations magnétiques, naturelles et météorologiques de l'observatoire de Melbourne.

⁵ Uitskomsten van wetenschap en ervaring aangaande winden en zeestroomingen in sommige gedeelten van den Oceaan, nitgegeven door het Kon. Meteorologischen Instituut. Utrecht, 1857, p. 60.

à une hauteur de 768,34 environ; on peut alors s'attendre à le voir passer au N. E. (du moins, jusqu'à présent, je n'ai vu qu'une fois le vent revenir au S. O. après avoir tourné par le S. E.). Quand le vent a passé au N. E., il souffle à ce rumb avec la même violence et le temps est le même qu'auparavant. Le baromètre commence à baisser dans la même proportion qu'il avait monté et jusqu'à ce qu'il atteigne une hauteur de 755,64' environ; le vent tourne ensuite par le N. et souffle le plus fort quand il a atteint le N. N. O. Le baromètre reste alors stationnaire, et ce dernier vent souffle pendant quelques heures. Il devient ensuite Ouest, et le baromètre monte donc. Quelquefois le vent passe au S. de l'O. et souffle très-violemment, tandis que le baromètre monte rapidement. »

23. BURMEISTER¹ (*Mendoza*) : « J'ai observé que le mouvement de transition des vents s'accordait avec la Loi de Giration, et qu'il avait lieu du S. vers l'E., et de là par le N. vers le S.

(*Parana*) : « Un examen des tableaux publiés à Parana montre que le vent tourne du N. par le N. O. et l'O. vers le S., et ensuite par le S. E., l'E., le N. E. et le N. »

25. BOURGOIS² (*cap de Bonne-Espérance*) : « Les coups de vent d'hiver autour de la pointe méridionale du continent d'Afrique sont généralement précédés par des vents d'E. au N. E. ou au N., soufflant pendant un temps très-court. Après que le coup de vent a soufflé plusieurs jours avec violence du N. O. à l'O. S. O. oscillant entre ces deux rumb, il mollit en balant le S. et vient généralement mourir à l'E. du S. »

25. FLEURIOT DE LANGLE³ (*cap Horn*) : Les vents affectent une forme cycloïde dont l'évolution se fait de gauche à droite en suivant le mouvement azimutal du soleil. Ainsi lorsqu'après avoir fait le tour du compas ils ont atteint le N., leur peu de fixité à ce rumb les entraîne bientôt au N. O., d'où ils ne tardent pas à sauter grand frais à l'O., et bientôt au S. O.; ils remontent souvent jusqu'au N. O., surtout si le temps est chargé,

¹ *Climat de la République Argentine.*

² *Annales hydrographiques*, tome XXIII, page 124.

³ *Annales hydrographiques*, tome XXII, page 112.

mais c'est pour retomber bientôt à l'O. et sauter au S. O. avec violence.

Si nous récapitulons les autorités que nous avons citées, nous avons des déterminations numériques directes faites par Schouw à Apenrade, Eisenlohr à Carlsruhe, Emsmann à Berlin, Külbing à Gnadensfeld, Hofmeister à Lenzbourg, Buys-Ballot en Hollande; et des résultats anémométriques de Follet Osler à Liverpool, Glaisher à Greenwich, Johnson à Oxford, Quetelet à Bruxelles, Lapshine à Kharkov, Rico y Sinobas à Madrid, et des observations faites aux Bermudes et à Melbourne.

Nous allons y ajouter les preuves indirectes obtenues par les changements des instruments météorologiques, lesquelles sont encore plus concluantes que les précédentes; nous avons trouvé des preuves positives pour les deux hémisphères dans les sources suivantes :

Hémisphère Nord.

Aristote (Grèce).
 Théophraste (Grèce).
 Pline (Italie).
 Bacon (Angleterre).
 Mariotte (France).
 Sturm (Allemagne).
 Tonido (Italie).
 Poitevin (Montpellier).
 Kant (Prusse orientale).
 Romme (océan Atlantique Nord).
 Lampadius (Freiberg).
 Dove (Königsberg).
 Schubler (Allemagne).
 Hildreth (Amérique du Nord).
 Duden (État du Missouri).
 De Wrangel (Sitka).
 Dupuits de Maconet (S. de la France).
 Drake (Amérique du Nord).
 Kane (sound de Smith).
 Lartigue (les deux hémisphères), dans sa *Théorie des Vents*.

Hémisphère Sud.

Don Ulloa (océan Pacifique).
 Le Gentil (océan Indien).
 Forster (mer du Sud).
 Don Cosme Churrucua (mer du Sud, près de l'Amérique du Sud).
 Horsburgh (océan Atlantique Sud).
 — (mer au S. de l'Australie).
 Capitaine Wendt (le Cap et le cap Horn).
 King et Fitzroy (côte Sud du Chili).
 Fitzroy (Terre de Feu).
 Dépôt général de la marine (cap Horn, 40° latitude S.).
 Du Petit-Thouars (baie de Valparaiso).
 Heywood (Rio de la Plata).
 Basil Hall (en général).
 Dumont-d'Urville (en général).
 Leichhardt (Australie).
 Strelecki (Terre de Van Diemen).
 Horner (Montevideo).
 Byron Drury (Nouvelle-Zélande).
 Von Wüllersdorff-Urbain (hémisphère Sud).
 Van Gogh (hémisphère Sud).
 Burmeister (climat de la Rép. Arg.).
 Fleuriot de Langle (cap Horn).
 Bourgois (cap de Bonne-Espérance).

Ceci nous prouve que le vieux dicton des anciens navigateurs est vrai pour les deux hémisphères :

Lorsque le vent contre le soleil tourne,
Ne l'y fie pas, car bientôt il retourne.

Puisqu'on observe la rotation régulière du vent aussi clairement en Angleterre (Bacon) que dans l'intérieur de la Russie (Lapshine) ; à Sitka, sur la côte Ouest de l'Amérique du Nord (de Wrangel), que dans la vallée entre les Montagnes Rocheuses et les Alleghanies (Drake) ; dans l'hémisphère Sud, sur la côte du Chili (Fitzroy), comme à l'embouchure du Rio de la Plata (Horner) ; que les navigateurs les plus expérimentés assurent qu'elle existe d'une manière positive sur tous les grands océans, il paraîtrait qu'elle est universelle, indépendante de la position relative des océans et des continents et également indépendante de la direction moyenne du vent et de ses variations annuelles. L'effet des variations qui en sont la conséquence sur les instruments météorologiques change aux différentes saisons, puisque, ainsi que je l'ai prouvé en 1827, pour Paris, le point le plus froid de la rose des vents en Europe est plus près du N. E. en hiver, et plus près du N. O. en été ; et par suite le point le plus chaud est plus près du S. O. en hiver, et plus près du S. E. en été.

Cependant, afin de conserver à ma nomenclature son caractère général, j'appelle l'un des courants alternatifs, polaire et l'autre équatorial. La détermination des extrêmes de la rose des vents qui ont été choisis pour les variations moyennes annuelles des instruments, soit N. E. et S. O. pour l'hémisphère Nord, S. E. et N. O. pour l'hémisphère Sud, doit en conséquence être modifiée pour les différentes saisons et les différents mois, selon la position relative de la station adoptée sur la côte Ouest ou Est d'un continent.

4. — VARIATIONS DES INSTRUMENTS MÉTÉOROLOGIQUES, DÉPENDANT DE LA LOI DE GIRATION.

Si nous calculons la moyenne de toutes les observations barométriques, thermométriques et hygrométriques correspondante à chacun des différents vents, après avoir éliminé leurs varia-

tions périodiques, c'est-à-dire si nous déterminons la distribution moyenne de la pression, de la température et de la saturation dans la rose des vents, ou, en d'autres termes, si nous construisons une rose des vents barométrique, thermale et hygrométrique, nous trouverons qu'elle a deux pôles de pression et de température. Il y a dans la rose des vents deux points presque diamétralement opposés l'un à l'autre ; à l'un le thermomètre est le plus bas et le baromètre le plus haut, et à l'autre le thermomètre est le plus haut et le baromètre le plus bas. Les hauteurs moyennes du baromètre et du thermomètre correspondantes aux différents vents (*Die barom. und therm. Windmittel*) décroissent sans interruption du maximum au minimum de pression, et du maximum au minimum de température. Le premier point est situé près du N. E., le second près du S. O. Si nous allons du S. O. au N. E. par l'O., la hauteur moyenne du baromètre augmente, tandis que celle du thermomètre diminue ; si nous allons plus loin du N. E. au S. O. par l'E., la hauteur moyenne du thermomètre augmente, tandis que celle du baromètre diminue¹. Ces faits que l'on observe dans les hauteurs moyennes du baromètre et du thermomètre correspondantes aux différents vents doivent également exister dans les variations moyennes du baromètre et du thermomètre, aussi bien dans l'hypothèse d'une vitesse variable de rotation que dans celle d'une vitesse constante. Puisque la tension de la vapeur aqueuse, quant à sa distribution dans la rose des vents, est intimement liée à la rose des vents thermale, et la pression de l'air sec à la rose des vents barométrique, il en résulte que les changements de pression

¹ Dans l'hémisphère Nord, on a calculé de semblables roses de vent pour plusieurs stations, soit :

Barométriques pour Irkoutsk, Archangel, Saint-Petersbourg, Moscou, Stockholm, Arys, Danzig, Bützow, Zochen, Berlin, Halle, Mulhouse, Carlsruhe, Middelbourg, Utrecht, Hambourg, Apenrade, Copenhague, Paris, Londres, Chiswick, Oxford, Dublin et Reikiavik ;

Thermales pour Yakoutsk, Irkoutsk, Tara, Moscou, Archangel, Saint-Petersbourg, Stockholm, Arys, Conitz, Zochen, Hambourg, Halle, Mulhouse, Buda Carlsruhe, Utrecht, Paris, Londres, Chiswick, Oxford, Dublin et Sitka.

Hygrométriques pour Arys, Halle, Londres, Chiswick, Oxford et Dublin.

de l'air sec et du baromètre sont exactement liés dans une proportion inverse aux changements de température de l'air et de la tension de la vapeur aqueuse qui s'y trouve contenue. Si nous admettons comme une conséquence nécessaire des considérations théoriques ci-dessus, que le vent de N. O. joue le même rôle dans l'hémisphère Sud que le vent de S. O. dans l'hémisphère Nord; que le vent de S. E. là-bas correspond au vent de N. E. ici ¹, nous aurons les lois suivantes :

¹ Cette assertion est confirmée par les observations des Hollandais calculées par Eijsbroek et publiées dans le *Onderzoekingen met den Zee Thermometer* 1861, page 108. La table ci-dessous donne les hauteurs moyennes du baromètre correspondantes aux différentes directions du vent.

LATITUDE SUB.	30° — 40°	40° — 45°
N.	762.2	759.8
N. N. E.	763.2	760.6
N. E.	763.2	761.9
E. N. E.	764.2	763.0
E.	764.9	763.4
E. S. E.	765.4	763.7
S. E.	765.6	763.4
S. S. E.	765.5	762.6
S.	764.4	762.5
S. S. O.	763.4	760.8
S. O.	762.1	760.2
O. S. O.	761.5	759.5
O.	761.0	759.6
O. N. O.	761.0	758.8
N. O.	761.4	758.0
N. N. O.	762.0	759.0
Moyenne.....	762.60	759.86

VARIATIONS MOYENNES DES INSTRUMENTS MÉTÉOROLOGIQUES.

Hémisphère Nord.

1. Le baromètre baisse avec les vents d'E., S. E. et S.; il cesse de baisser avec un vent de S. O. et il commence à monter; il monte avec les vents d'O., N. O. et N.; et avec le vent de N. E. il cesse de monter et il commence à baisser (fig. 1).



Hémisphère Sud.

1. Le baromètre baisse avec les vents d'E., N. E. et N.; il cesse de baisser avec le vent de N. O. et il commence à monter; il monte avec les vents d'O., S. O. et S.; et avec le vent de S. E. il cesse de monter et il commence à baisser (fig. 2).



HÉMISPHERE NORD.



2. Le thermomètre monte avec les vents d'E., S. E. et S.; avec le vent de S. O., il cesse de monter et il commence à baisser; il baisse avec les vents d'O., N. O. et N.; et avec le vent de N. E. il cesse de baisser et il commence à monter (fig. 3).
3. La tension de la vapeur aqueuse augmente avec les vents d'E., S. E. et S.; elle cesse d'augmenter avec le vent de S. O., et elle commence à

HÉMISPHERE SUD.



2. Le thermomètre monte avec les vents d'E., N. E. et N.; il cesse de monter et il commence à baisser avec le vent de N. O.; il baisse avec les vents d'O., S. O. et S.; et avec le vent de S. E. il cesse de baisser et il commence à monter (fig. 4).
3. La tension de la vapeur aqueuse augmente avec les vents d'E., N. E. et N.; avec les vents de N. O. elle cesse d'augmenter et elle commence à

Hémisphère Nord.

diminuer; elle diminue avec les vents d'O., N. O. et N.; et avec les vents de N. E. elle cesse de diminuer et elle commence à augmenter (fig. 3).

4. La pression de l'air sec diminue avec les vents d'E., S. E. et S.; elle cesse de diminuer avec les vents de S. O., et elle commence à augmenter; elle augmente avec les vents d'O., N. O. et N.; et avec le vent de N. E. elle cesse d'augmenter et elle commence à diminuer (fig. 1).

Hémisphère Sud.

à diminuer; elle diminue avec les vents d'O., S. O. et S.; et avec le vent de S. E. elle cesse d'augmenter et elle commence à diminuer (fig. 4).

4. La pression de l'air sec diminue avec les vents d'E., N. E. et N.; elle cesse de diminuer et elle commence à augmenter avec le vent de N. O.; elle augmente avec les vents d'O., S. O. et S.; et avec le vent de S. E. elle cesse d'augmenter et elle commence à diminuer (fig. 2).

Nous voyons par les règles ci-dessus que la *concordance* entre les deux hémisphères consiste dans le fait que les instruments météorologiques se comportent de la même manière dans les deux hémisphères pour les vents d'E., et également pour les vents d'Ouest. Dans le cas des vents de N. O., N. E., S. O., S. E., la *différence* entre les deux hémisphères est appréciable en grandeur seulement, tandis que dans le cas des vents de N. et de S., elle est appréciable en signe; ce qui implique que les variations moyennes des instruments météorologiques, dans l'hémisphère Nord, ont une valeur maximum avec les vents de N. O. et de S. E., et une valeur minimum avec les vents de N. E. et de S. O. (à cause de la compensation mutuelle des fluctuations contraires); et dans l'hémisphère Sud, elles ont une valeur maximum avec les vents de N. E. et de S. O., et une valeur minimum avec les vents de N. O. et de S. E. (à cause de la compensation des fluctuations opposées); au lieu que les variations moyennes avec les vents de N. et de S. dans l'hémisphère Nord diffèrent selon leur signe de celles avec les vents de N. et de S. dans l'hémisphère Sud, tandis qu'elles s'accordent selon leur grandeur dans les deux hémisphères sous des conditions semblables de climat. Il en résulte que si un instrument monte avec le vent de N. dans l'hémisphère Nord, il baissera avec le vent de N. dans l'hémisphère Sud et *vice versa*. La même loi est vraie pour les vents de S.

Les preuves des lois que nous venons de donner sont contenues dans les tables ci-après.

1. — VARIATIONS DU BAROMÈTRE.

A. L'hémisphère Nord.

LOI.— Le baromètre baisse avec les vents d'E., S. E. et S.; il cesse de baisser avec les vents de S. O. et il commence à monter; il monte avec les vents d'O., N. O. et N.; et avec le vent de N. E. il cesse de monter et il commence à baisser (fig. 1, p. 117).

Dans les tables d'autre part, le signe + indique que le baromètre monte, et — qu'il baisse. Les données ont été puisées aux sources suivantes :

PARIS (calculé par moi), de Dove : *Metcorologische Untersuchungen über den Wind*, Annales de Poggendorff, 1827, vol. XI, p. 535.

LONDRES (calculé par moi), de Dove : *Ueber die von der Windrichtung abhängigen Veränderungen der Dampfatmosphäre*. Ann. de Pogg. XVI, p. 288.

CHISWICK (calculé par moi), de Dove : *Ueber die Allgemeine Theorie des Windes*. Rapports à l'Académie de Berlin, 1857, p. 90.

HALLE (calculé par Kaemtz), de Kaemtz : *Vorlesungen über Meteorologie*, Lectures sur la météorologie, p. 311.

ZECHE (calculé par Gube). Tiré des rapports de l'Académie de Berlin, 1857, p. 296.

DANZIG (calculé par Galle), de Galle : *Zur Prüfung des von Dove aufgestellten Gesetzes über das verschiedene Verhalten der Ost und Westseite der Windrose*. Ann. de Pogg. XXXI, p. 465.

ARNS (calculé par Vogt). Tiré des rapports de l'Académie de Berlin, 1857, p. 90.

SAINT-PÉTERSBOURG (calculé par Kaemtz). D'après une lettre particulière.

DORPAT (calculé par Kaemtz). D'après une lettre particulière.

ANNÉES.	PARIS.		LONDRES.		CHISWICK.	HALLE.	ZECHEM.	DANTZIG.	ANVS.	SAINT-PÉ- TERSBOURG.
	5	10	5	15						
Fluctuation.	En 12 heures.		Du matin au soir.		En 6 heures.		16	12	8	14 heures.
O. S. O.	+ 0,083	+ 0,067	+ 0,279	+ 1,145	+ 0,654	+ 0,992	+ 0,354	+ 0,135	+ 0,315	+ 0,762
O.	+ 1,078	+ 0,809					+ 1,069	+ 1,101	+ 1,310	+ 1,690
O. N. O.	+ 1,167	+ 1,362	+ 0,812	+ 1,626	+ 1,805	+ 2,077	+ 1,405	+ 1,405		
N. O.	+ 1,215	+ 1,127					+ 0,845	+ 0,879	+ 0,879	+ 2,465
N. N. O.	+ 1,105	+ 1,571					+ 0,171			
N.	+ 0,471	+ 0,201	+ 1,214	+ 1,961	+ 0,812	+ 1,210	+ 0,171			
N. N. E.	- 0,111	- 0,165	+ 0,437	+ 0,535	+ 0,067	- 0,406	+ 0,701	+ 0,345	+ 2,062	
N. E.	- 0,111	- 0,252					- 0,216			
E. N. E.	- 0,789	- 1,165					- 0,176	- 0,180	- 0,860	
E.	- 1,071	- 1,273	- 0,504	+ 0,127	- 0,438	- 1,310	- 0,040			
E. S. E.	- 1,269	- 1,595					- 0,275	- 0,654	- 1,054	
S. E.	- 1,203	- 1,170	- 1,214	- 1,307	- 1,150	- 1,645	- 0,870			
S. S. E.	- 0,692	- 1,157					- 1,172	- 0,902	- 1,500	
S.	- 1,105	- 1,455	- 1,219	- 1,905	- 0,857	- 1,415	- 1,127			
S. S. O.	- 1,100	- 1,150					- 0,428			
S. O.	+ 0,150	- 0,307	- 0,585	- 0,451	- 0,090	- 0,428	- 0,106		- 0,600	- 1,560

OGDENSBURG (calculé par Coffin). D'après des observations météorologiques faites à Ogdensbourg, et prises dans les registres des observations météorologiques faites pendant l'année 1838 par les diverses académies de l'État de New-York.

TORONTO (calculé par Dörgens). Extrait du troisième volume des observations, etc., faites à Toronto.

DORPAT. Dans un rapport intitulé « les roses des vents barométriques à Dorpat » (lettre au professeur Dove), Kaemtz a calculé les résultats des observations faites par Mädler et par lui-même à cette station du 1^{er} septembre 1842 à décembre 1859, de la manière suivante. Pour chaque direction du vent, il a calculé la hauteur moyenne du baromètre pour le jour pendant lequel le vent a été observé, et aussi pour les deux jours qui ont suivi et pour les deux jours qui ont précédé l'observation. Prenant n pour le nombre de jours (qui est compté comme positif pour ceux qui ont suivi, négatif pour ceux qui ont précédé l'observation), il a calculé, pour chaque mois, huit équations de la forme $a + bn + cn^2 + dn^3$ dans lesquelles les coefficients a b c d représentent les constantes déduites des observations. Kaemtz a donné les valeurs qui ont été ainsi obtenues comme les différences des valeurs moyennes pour le mois, et il a donné séparément celles pour toutes les observations et pour les jours humides et secs. Dans la table d'autre part, j'ai moi-même déduit les fluctuations dans le but de rendre les résultats comparables avec ceux donnés ci-dessus. Dans la table intitulée « jour avant, » les chiffres indiquent la fluctuation du baromètre, exprimée en millimètres pendant les vingt-quatre heures qui ont précédé l'observation, le signe + indique la hausse, le signe — la baisse. Dans la table intitulée « jour après, » les chiffres indiquent de la même manière la fluctuation du baromètre pendant les vingt-quatre heures qui ont suivi l'observation. J'ai ajouté au résultat moyen de l'année les valeurs obtenues pour les jours les plus voisins, un avant et un après l'observation. Les observations de pluie ont été calculées de la même manière.

LES VENTS VARIABLES.

MOYENNES DE TOUTES LES OBSERVATIONS.

JOUR AVANT.

	N. O.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.
Janvier.....	2,68	4,53	3,40	3,08	- 1,17	- 0,09	- 2,48	- 0,61
Février.....	2,09	3,81	3,02	1,17	- 0,67	- 2,27	- 2,70	- 0,88
Mars.....	1,06	2,61	2,70	1,44	- 0,45	- 2,03	- 2,32	- 1,03
Avril.....	- 0,02	1,32	2,50	1,31	- 0,54	- 1,77	- 1,75	- 0,85
Mai.....	- 0,07	0,36	1,37	0,81	- 0,99	- 1,66	- 0,76	- 0,20
Juin.....	0,18	0,07	0,56	0,15	- 1,26	- 1,66	- 0,43	1,10
Juillet.....	0,97	0,47	0,20	- 0,30	- 1,17	- 1,06	- 0,67	0,70
Août.....	1,18	1,32	0,65	- 0,09	- 0,91	- 1,66	- 1,06	0,47
Septembre.....	1,01	2,13	1,72	0,27	- 0,92	- 1,57	- 1,35	- 0,03
Octobre.....	2,07	3,18	2,50	0,90	- 0,79	- 1,93	- 1,82	- 0,15
Novembre.....	2,05	4,30	3,69	0,65	- 1,86	- 1,46	- 1,61	- 0,56
Décembre.....	2,51	4,71	3,67	0,63	- 1,50	- 2,18	- 2,03	- 0,51
Année.....	1,35	2,45	2,16	0,65	- 1,03	- 1,83	- 1,55	- 0,29

JOUR APRÈS.

	N. O.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.
Janvier.....	2,25	5,29	1,72	0,06	- 0,92	- 3,90	0,10	- 0,58
Février.....	2,00	2,57	1,50	0,54	- 0,29	- 1,62	- 2,11	- 0,56
Mars.....	1,52	1,93	1,12	0,70	- 0,15	- 1,35	- 1,80	- 0,52
Avril.....	0,40	1,19	1,03	0,38	- 0,56	- 0,91	- 0,72	- 0,15
Mai.....	0,09	0,58	0,70	- 0,25	- 1,17	- 0,70	- 0,11	0,00
Juin.....	- 0,01	- 0,11	- 0,09	- 0,81	- 0,74	- 0,72	0,12	1,70
Juillet.....	0,65	- 0,02	- 0,51	- 0,91	- 1,26	- 0,91	0,01	0,85
Août.....	1,30	0,71	- 0,15	- 0,09	- 1,03	- 1,15	- 0,45	0,74
Septembre.....	1,59	1,82	0,85	- 0,58	- 1,10	- 1,17	- 0,70	0,58
Octobre.....	1,95	2,48	1,53	0,02	- 1,03	- 1,11	- 0,99	0,56
Novembre.....	1,66	3,50	2,59	- 0,51	- 1,70	- 1,22	- 0,55	- 0,06
Décembre.....	1,95	3,55	2,18	- 0,27	- 1,55	- 1,11	- 1,06	- 0,09
Année.....	1,19	1,72	1,08	- 0,18	- 1,06	- 1,17	- 0,79	0,09

ANNÉE.

JOURS	A V A N T.		A P R È S.	
	2	1	1	2
N. O.	- 0,45	1,55	1,19	- 0,88
N.	0,85	2,45	1,72	- 1,28
N. E.	1,57	2,16	1,08	- 1,61
E.	1,12	0,65	- 0,18	- 1,35
S. E.	0,27	- 1,03	- 1,06	0,28
S.	- 0,55	- 1,81	- 1,17	1,71
S. O.	- 0,81	- 1,53	- 0,79	1,46
O.	- 1,04	- 0,29	0,09	0,07

VARIATIONS DU BAROMÈTRE.

123

EN TEMPS DE PLUIE.

JOUR AVANT.

	N. O.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.
Janvier.....	1,03	4,35	3,15	-0,20	-2,37	-3,51	-3,62	-1,94
Février.....	1,55	4,19	3,08	0,15	-1,44	-3,04	-3,80	-2,52
Mars.....	3,27	3,20	2,21	-0,02	0,56	-2,14	-3,06	-2,44
Avril.....	-0,19	1,62	0,88	-0,58	-1,17	-1,52	-1,70	-1,28
Mai.....	0,04	0,20	0,15	-1,03	-1,42	-1,08	-0,76	-0,30
Juin.....	0,25	-0,51	-0,17	-0,85	-1,55	-1,12	-0,69	0,26
Juillet.....	0,65	-0,04	-0,09	-0,30	-1,50	-1,94	-0,81	0,65
Août.....	1,05	0,72	0,58	0,69	-0,92	-2,25	-1,57	0,22
Septembre.....	1,26	1,53	1,10	0,45	-0,90	-2,25	-2,07	-0,27
Octobre.....	1,57	2,25	1,48	-0,09	-1,48	-2,40	-2,21	-0,55
Novembre.....	1,48	1,17	0,69	-0,48	-2,36	-2,81	-2,78	-0,92
Décembre.....	1,66	5,75	2,50	-0,58	-2,85	-5,35	-2,95	-1,55
Année.....	1,05	* 2,05	1,35	-0,25	-1,64	-2,30	-2,09	-0,81

JOUR APRÈS.

	N. O.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.
Janvier.....	2,55	4,86	2,95	-0,18	-1,05	-1,05	-1,84	-1,65
Février.....	2,61	7,70	3,20	0,25	-0,67	-1,06	-2,09	-1,17
Mars.....	2,52	4,17	2,57	0,11	-2,05	-0,72	-1,54	-0,72
Avril.....	1,66	2,68	1,50	-0,47	-0,74	-0,27	-0,54	0,02
Mai.....	0,94	1,28	0,19	-0,85	-0,92	-0,07	0,65	0,70
Juin.....	0,67	0,65	0,36	-0,64	-1,17	-0,51	0,67	1,01
Juillet.....	0,88	0,76	0,85	0,69	-0,79	-0,90	0,29	1,06
Août.....	1,50	1,19	1,28	0,70	-0,72	-1,57	-0,56	0,97
Septembre.....	1,75	1,66	1,35	0,65	-0,67	-1,45	-0,65	0,92
Octobre.....	2,00	2,16	1,15	-0,01	-0,85	-1,15	-0,56	0,72
Novembre.....	2,12	2,90	1,77	-0,65	-1,21	-0,90	-0,65	0,27
Décembre.....	1,50	3,96	2,09	-0,67	-1,26	-0,88	-1,15	-0,45
Année.....	1,75	2,59	1,50	-0,15	-0,92	-0,83	-0,61	0,12

ANNÉE.

JOURS.	AVANT.		APRÈS.	
	2	1	1	2
N. O.	-0,42	1,04	1,75	-0,65
N.	0,85	2,05	2,59	-1,28
N. E.	1,57	1,35	1,60	-1,64
E.	1,13	-0,25	-0,16	-1,25
S. E.	0,27	-1,65	-0,92	0,25
S.	-0,55	-2,50	-0,85	0,51
S. O.	-0,81	-2,09	-0,61	1,46
O.	-1,04	-0,81	0,18	0,04

Dans deux des tables ci-dessus on trouve une confirmation complète des lois que j'ai avancées en 1827. En même temps, nous voyons que si les observations embrassent une période de cinq jours, le changement de vent qui se produit alors passe du côté ascendant au côté descendant de la rose des vents, et *vice versa*. Dans l'été, lorsque par l'effet du *courant ascendant* il pleut plus souvent, on doit naturellement s'attendre à ce que les règles qui accompagnent la pluie pendant les différents courants présenteront la plus grande simplicité, et que le changement dans la distribution de la pression barométrique dans la rose des vents se montrera clairement de lui-même à cause du changement de position des isothermes aux différentes saisons; ces deux faits sont faciles à observer dans les tables.

OGDENSBURG. — ÉTAT DE NEW-YORK.

	BAROMÈTRE.	THERMO- MÈTRE.		BAROMÈTRE.	THERMO- MÈTRE.
FLUCTUATION.	Dans 1 heure.		FLUCTUATION.	Dans 1 heure.	
S. O.	+ 0,0152	— 0,0100	N. E.	— 0,1117	— 0,0085
S. O. q. O.	+ 0,0635	— 0,0508	N. E. q. E.	— 0,1475	+ 0,0517
O. S. O.	+ 0,0685	— 0,0100	E. N. E.	— 0,1955	+ 0,0638
O. q. S. O.	+ 0,1447	— 0,0455	E. q. N. E.	— 0,1828	+ 0,0425
O.	+ 0,1520	— 0,0542	E.	— 0,1574	+ 0,0560
O. q. N. O.	+ 0,1651	— 0,0579	E. q. S. E.	— 0,1549	+ 0,0891
O. N. O.	+ 0,2511	— 0,1411	E. S. E.	— 0,1295	+ 0,0805
N. O. q. O.	+ 0,2040	— 0,1546	S. E. q. E.	— 0,1016	+ 0,0652
N. O.	+ 0,2819	— 0,1771	S. E.	— 0,1295	+ 0,0770
N. O. q. N.	+ 0,2511	— 0,1685	S. E. q. S.	— 0,1651	+ 0,0708
N. N. O.	+ 0,2052	— 0,1525	S. S. E.	— 0,1051	+ 0,0764
N. q. N. O.	+ 0,2052	— 0,1505	S. q. S. E.	— 0,1521	+ 0,0886
N.	+ 0,0858	— 0,1089	S.	— 0,1879	+ 0,1752
N. q. N. E.	+ 0,0990	— 0,0908	S. q. S. O.	— 0,1397	+ 0,0875
N. N. E.	+ 0,0178	— 0,0792	S. S. O.	— 0,0914	+ 0,0891
N. E. q. N.	— 0,0451	— 0,0542	S. O. q. S.	— 0,0555	+ 0,0555

M. Dörgens a fait des calculs qui embrassent une période plus longue (1846-1848). Ces calculs ont été publiés dans le 3^e volume des « Observations faites à l'observatoire magnétique et météorologique de Toronto, Canada. » Elles commencent à

VARIATIONS DU BAROMÈTRE.

125

TORONTO.

		BAROMÈTRE.			THERMOMÈTRE.			TENSION de la vapeur aqueuse.		
		9-12	12-5	9-3	6-12	12-6	6-6	8-12	12-4	8-4
N. E.	14	-0.944	-0.085	-1.600	-2.75	+2.28	-0.47	-0.555	+0.584	+0.025
N. E. q. E.	7	+0.203	-0.550	-0.127	-1.49	-0.27	-1.45	-0.229	-0.205	-0.454
E. N. E.	18	-0.152	-0.711	-0.805	-2.90	+0.25	-2.67	-0.555	0.025	-0.355
E. q. N. E.	21	-0.550	-0.711	-1.044	-1.65	+0.41	-1.21	-0.205	-0.229	-0.454
E.	52	-0.609	-0.600	-1.270	-0.23	+0.15	-0.11	-0.054	+0.127	+0.076
E. q. S. E.	25	-0.508	-0.711	-1.219	+0.21	+0.42	+0.54	+0.178	-0.076	+0.102
E. S. E.	35	-0.584	-0.457	-0.858	+1.71	-0.42	+1.58	+0.076	-0.254	-0.178
S. E. q. E.	12	-0.457	-0.787	-1.244	+1.97	-0.75	+1.25	+0.555	-0.584	-0.025
S. E.	44	-0.152	-0.635	-0.787	+2.40	-0.52	+1.55	+0.482	+0.102	+0.584
S. E. q. S.	17	-0.555	-0.812	-1.546	+1.72	-0.16	+1.55	+0.584	-0.025	+0.558
S. S. E.	29	-0.658	-0.457	-1.092	+2.52	-0.40	+2.12	+0.756	-0.229	+0.508
S. q. S. E.	25	-0.178	-0.600	-0.858	+3.75	-0.48	+3.25	+0.555	+0.152	+0.508
S.	28	-0.279	-0.508	-0.787	+2.79	-0.67	+2.15	+0.756	-0.152	+0.584
S. q. S. O.	34	-0.279	-0.406	-0.685	+2.54	-0.65	+1.62	+0.762	-0.584	+0.178
S. S. O.	57	-0.504	-0.457	-0.702	+1.76	-0.55	+1.22	+0.106	-0.584	+0.025
S. O. q. S.	21	-0.944	-0.609	-1.524	+0.66	0.58	+1.05	+0.279	+0.550	+0.609
S. O.	54	-0.406	-0.504	-0.711	+0.45	-0.51	-0.18	+0.025	-0.025	+0.054
S. O. q. O.	8	-0.454	+0.127	+0.504	-2.54	0.52	-1.99	-0.178	-0.102	-0.025
O. S. O.	24	-0.054	+0.584	+0.550	-1.00	0.54	-0.68	-0.555	+0.127	-0.229
O. q. S. O.	18	+0.229	+0.756	+0.965	-0.15	-1.75	-1.87	-0.655	-0.254	-0.889
O.	25	+0.965	+1.145	+2.10	-1.24	-0.84	-2.08	-0.655	+0.152	-0.482
O. q. N. O.	15	+0.558	+0.889	+1.447	0.56	-0.84	-0.28	-0.812	-0.205	-1.046
O. N. O.	25	+1.044	+1.046	+2.057	0.25	-1.56	-1.54	-0.711	+0.229	-0.482
N. O. q. O.	16	+1.044	+1.546	+2.587	-0.99	-2.00	-2.99	-0.059	-0.655	-1.574
N. O.	50	+1.295	+1.244	+2.540	-2.36	-0.77	-3.05	-1.046	-0.054	-1.066
N. O. q. N.	16	+0.787	+0.889	+1.676	-1.75	+0.35	-1.44	-0.609	+0.457	-0.15
N. N. O.	29	+0.685	+0.454	+1.147	-2.49	+0.06	-2.42	-0.889	+0.076	-0.842
N. q. N. O.	24	+0.406	+0.609	+1.046	-1.67	+0.14	-1.54	-0.609	+0.406	-0.205
N.	26	+0.457	+0.454	+0.889	-2.55	-0.17	-2.54	-0.842	+0.178	-0.655
N. q. N. E.	12	+0.102	+0.508	+0.609	-2.44	+0.07	-2.57	-0.609	+0.178	-0.454
N. N. E.	5	+0.944	+0.685	+1.600	-5.82	-0.46	-1.55	-0.454	-0.655	-1.066
N. E. q. N.	5	-0.127	+0.685	+0.558	-5.22	+0.69	-2.55	-0.660	+0.655	-0.025

l'année 1840 et il serait à désirer que ces calculs fussent étendus à toutes les séries d'années. Les fluctuations du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre ont été déterminées pour des périodes qui sont données en tête de la table, après qu'on a en éliminé la variation diurne. La période est un peu courte, si l'on considère que les directions sont rapportées aux trente-deux aires de vent; mais néanmoins la Loi de Giration y est encore très-clairement indiquée.

Il nous sera facile maintenant de trouver les mêmes lois dans les observations imparfaites des premiers météorologistes.

Gunzenhausen. Luz¹ dit: « Le baromètre monte presque invariablement avec les vents de N. et de N. O. Les vents d'E. et de N. E. produisent souvent le même effet, mais pas aussi invariablement que les précédents. Ces vents sont accompagnés par un ciel clair. Le baromètre monte aussi avec les vents d'O., le ciel est souvent alors couvert de nuages disséminés à une grande hauteur et qui donnent rarement de la pluie. Le baromètre baisse avec le vent de S. E.; cependant le temps dans ce cas ne change que si le vent tourne vers le Sud. On ne peut pas donner de règles aussi positives pour les vents de S. et de S. O. Le baromètre baisse ordinairement lorsque ces vents soufflent; mais si le vent est resté longtemps au même rumb, et surtout si le temps a été humide pendant quelque temps, le baromètre monte de nouveau, quand même le vent continue à souffler du S. et du S. O. J'ai également observé que le baromètre baissait quelquefois avec des vents de N. ou d'E., lorsque le vent avait soufflé pendant longtemps du même rumb, et que le temps, clair était sur le point de cesser pour devenir nuageux et pluvieux. »

Hollande. VAN SWINDEN² a traité ce sujet plus complètement que Luz: « Horsley³ a démontré le premier et d'une manière

¹ *Beschreibung von Barometern*, 1784, page 331

² Mémoire sur les observations météorologiques faites à Franecker, en Frise, pendant l'année 1779.

³ *An abridged State of the Weather at London in the year 1774. Transact philos.* 1775.

mieux définie l'influence de la direction du vent sur l'état du baromètre, influence qui avait été déjà signalée par Halley et Mariotte par leurs calculs de la rose des vents barométrique. Ces calculs ont appelé l'attention de Van Swinden, qui se posa cette question : « Combien de fois le baromètre monte-t-il avec un certain vent, et combien de fois baisse-t-il avec le même vent ? » Les résultats de son calcul sont une conséquence nécessaire de la Loi de Giration. Il a trouvé que dans l'année 1779, le baromètre

			a monté.	a baissé.
Avec les vents de	S. O.....	74 fois		83.9 fois.
— —	O.....	36 —		16.6 —
— —	N. O.....	85 —		45.5 —
— —	N.....	12 —		9.3 —
— —	N. E.	24 —		28.0 —
— —	E.....	1 —		8.3 —
— —	S. E.....	18 —		51.8 —
— —	S.....	10 —		15.5 —

Dans les trois années précédentes il avait obtenu pour les vents d'O., N. O., N., E., S. E. et S. des résultats qui coïncident avec les précédents ; et au contraire, des déviations pour les vents de N. E. et de S. O. Les points de giration sont cependant aussi clairement marqués ici que dans les observations de Luz. Aucune des observations de Van Swinden ne semble indiquer qu'il ait en connaissance de la loi de giration.

Si Van Swinden, au lieu de se demander : « Combien de fois le baromètre monte avec un vent donné ? » s'était demandé : « La baisse du baromètre est-elle plus grande que la hausse, ou *vice versa* quand un vent donné souffle ? » le simple raisonnement l'eût conduit à l'explication de ce phénomène. Saussure même ne s'en est pas rendu compte ; car il se demande dans son *Hygrométrie* : « Pourquoi les vents d'E., quoique secs et froids, font-ils baisser le baromètre en Angleterre et en Hollande, d'après les observations d'Horsley¹ et de Van Swinden, tandis que les vents d'O. le font monter ? Je ne connais

¹ Saussure commet une erreur en ce qui concerne Horsley : il n'a calculé que la moyenne, et non la hausse et la baisse du baromètre.

aucune hypothèse qui explique ce fait d'une manière satisfaisante. »

Il est probable que la direction moyenne annuelle du vent au lieu de l'observation n'a pas d'effet sur le résultat, d'après ce fait que lorsqu'à Londres cette direction est Ouest droit, elle est O. S. O. à Paris et à Danzig. Il est cependant plus important de décider si ce résultat n'est pas dû au changement dans la direction moyenne du vent aux différentes saisons. Il paraît, d'après les tables suivantes, que la loi de fluctuation du baromètre est indépendante des périodes annuelles.

PARIS.

	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.	N. O.	N.	Correc- tion.
Janvier....	+ 0,259	- 1,358	- 1,081	- 1,141	- 0,641	+ 1,400	+ 2,812	+ 0,684	0,469
Février....	+ 0,365	+ 0,637	- 1,273	- 0,057	- 1,104	+ 1,040	+ 1,566	- 0,129	0,598
Mars.....	- 0,129	- 0,842	- 1,056	- 1,750	- 1,004	+ 1,058	+ 2,869	+ 0,961	0,377
Avril.....	- 0,317	- 1,156	- 1,301	- 0,274	+ 0,639	+ 0,863	+ 1,671	+ 0,291	0,492
Mai.....	+ 0,267	- 2,640	- 1,299	- 0,979	+ 0,419	+ 0,486	+ 0,321	- 0,478	0,543
Jun.....	- 0,480	- 1,276	- 1,509	- 1,069	+ 0,046	+ 0,718	+ 0,080	- 0,020	0,516
Juillet.....	- 0,944	- 2,144	- 1,081	- 1,117	+ 0,056	+ 0,762	+ 1,477	+ 0,144	0,590
Août.....	- 0,221	- 0,721	- 0,775	- 1,333	+ 0,550	+ 1,065	+ 0,518	+ 0,566	0,525
Septembre..	- 0,154	- 1,515	- 1,707	- 0,561	- 0,251	+ 1,732	+ 0,324	+ 0,063	0,306
Octobre....	- 0,046	- 1,275	- 0,581	- 0,449	+ 0,188	+ 0,478	+ 0,928	+ 1,039	0,249
Novembre..	+ 1,238	- 0,269	- 1,054	- 1,440	- 0,510	+ 0,796	+ 1,656	+ 2,083	0,202
Décembre..	- 0,250	- 0,182	- 0,082	- 2,333	+ 0,120	+ 1,808	+ 2,013	+ 1,208	0,253
Année....	- 0,253	- 1,270	- 1,170	- 1,133	- 0,208	+ 0,609	+ 1,157	+ 0,294	0,266

Les observations faites à Danzig donnent les fluctuations suivantes pour 16 vents.

	N. N. E.	N. E.	E. N. E.	E.	E. S. E.	S. E.	S. S. E.	S.
Janvier.....	+ 0,70	+ 0,81	"	- 0,25	- 0,54	+ 0,67	- 1,35	- 0,67
Février.....	+ 2,75	+ 4,51	+ 1,35	+ 0,29	- 0,04	+ 0,18	- 0,79	- 1,21
Mars.....	+ 0,20	+ 2,25	- 0,79	+ 1,03	+ 1,03	+ 0,49	- 0,11	- 0,97
Avril.....	+ 0,65	+ 2,09	- 0,85	- 1,54	- 0,20	- 1,19	- 0,09	- 1,42
Mai.....	- 0,04	- 0,52	- 0,19	+ 0,18	- 0,43	- 0,54	- 1,48	- 1,59
Juin.....	- 1,04	+ 0,38	- 0,47	- 0,61	- 0,76	- 0,54	- 0,61	- 0,72
Juillet.....	+ 0,34	- 0,88	+ 0,31	- 0,88	+ 0,40	- 1,62	± 0,00	- 1,59
Août.....	+ 0,31	+ 0,99	- 0,02	+ 0,36	- 1,64	+ 0,15	- 2,61	- 1,35
Septembre....	- 0,27	+ 0,47	± 0,00	- 0,20	+ 0,15	- 1,06	+ 0,06	- 0,92
Octobre.....	+ 0,45	- 0,11	- 2,56	+ 0,70	+ 0,91	- 0,11	- 1,15	- 1,84
Novembre....	- 7,44	+ 4,69	- 1,66	- 2,56	- 1,75	- 2,84	- 0,27	- 1,08
Décembre....	- 0,97	- 0,56	"	+ 2,77	+ 0,40	+ 0,54	- 0,36	- 1,01

	S. S. O.	S. O.	O. S. O.	O.	O. N. O.	N. O.	N. N. O.	N.
Janvier.....	- 0,38	- 0,76	- 0,15	+ 0,15	+ 0,18	+ 1,84	+ 1,80	+ 0,20
Février.....	- 2,12	- 2,18	- 2,61	- 0,15	+ 1,57	+ 1,84	+ 0,94	+ 1,19
Mars.....	- 3,80	- 0,11	+ 0,04	+ 0,15	+ 1,15	+ 0,61	+ 1,44	+ 1,75
Avril.....	+ 0,67	- 0,54	+ 0,40	- 1,66	+ 0,42	+ 1,03	+ 2,79	+ 0,99
Mai.....	- 1,64	+ 0,51	- 1,17	- 0,69	+ 1,91	+ 0,76	+ 1,17	+ 0,49
Juin.....	- 0,54	- 0,63	- 1,64	+ 0,92	+ 0,43	+ 0,56	- 1,51	+ 0,45
Juillet.....	+ 0,22	+ 0,54	+ 1,24	+ 0,11	+ 1,33	+ 0,51	+ 0,85	+ 0,45
Août.....	± 0,00	- 0,74	+ 0,31	± 0,00	+ 0,58	+ 0,53	- 0,22	+ 0,61
Septembre....	+ 0,06	+ 0,11	+ 0,45	+ 0,52	- 0,02	+ 0,89	+ 1,01	+ 1,01
Octobre.....	- 1,84	+ 0,85	+ 2,57	+ 0,54	+ 1,95	+ 1,21	+ 0,70	+ 1,26
Novembre....	- 0,56	- 0,45	+ 1,82	+ 0,67	+ 1,95	+ 1,95	+ 1,26	+ 1,17
Décembre....	- 2,03	+ 0,09	+ 2,57	+ 1,17	+ 3,35	+ 1,89	+ 3,20	+ 2,97

CHISWICK.

	O.	N. O.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	O.
Janvier.....	+ 1,27	+ 0,75	+ 2,36	+ 0,83	- 0,38	- 0,75	- 0,75	- 1,70
Février.....	+ 0,81	+ 1,29	+ 1,49	+ 1,10	+ 0,45	- 1,42	- 1,82	- 0,78
Mars.....	+ 0,76	+ 0,68	+ 0,89	+ 0,65	+ 0,07	- 1,06	- 2,36	- 0,81
Avril.....	+ 0,12	- 0,38	+ 0,96	- 0,17	+ 0,55	+ 0,07	- 0,71	- 2,08
Mai.....	+ 0,25	- 0,68	+ 0,50	- 0,40	- 0,48	- 0,56	- 2,09	+ 0,07
Juin.....	+ 0,55	+ 1,06	+ 0,15	+ 0,50	- 0,78	- 0,68	- 1,52	- 0,08
Juillet.....	+ 1,01	+ 0,65	+ 0,81	+ 0,48	- 0,48	- 2,56	- 1,29	- 0,10
Août.....	+ 0,55	+ 4,50	+ 1,81	- 0,07	- 0,07	- 0,76	- 1,98	+ 0,58
Septembre....	+ 0,81	+ 1,52	+ 2,54	- 0,05	- 0,05	- 1,45	- 1,65	+ 0,05
Octobre.....	+ 0,55	+ 1,70	+ 2,51	+ 0,40	+ 0,66	- 2,05	- 0,55	- 0,51
Novembre....	+ 2,00	+ 1,55	+ 0,61	+ 1,09	+ 1,09	- 0,29	- 2,05	- 0,58
Décembre....	+ 1,67	+ 2,35	+ 2,60	+ 1,04	+ 1,04	- 0,50	- 0,50	+ 0,58
Hiver.....	+ 1,24	+ 1,42	+ 2,15	+ 0,91	+ 0,05	- 0,81	- 0,96	- 0,71
Printemps....	+ 0,45	- 0,45	+ 0,95	+ 0,02	- 0,05	- 0,28	- 1,88	- 0,50
Été.....	+ 0,65	+ 2,00	+ 0,91	+ 0,22	- 0,15	- 1,27	- 1,49	+ 0,07
Automne....	+ 1,12	+ 1,60	+ 1,90	+ 0,48	+ 0,56	- 1,85	- 1,54	- 0,58

ARYS.

	O.	N. O.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.
Janvier.....	+ 0,72	+ 3,55	+ 1,55	+ 0,94	+ 0,27	- 0 17	- 1,24	- 0,85
Février.....	- 0,54	+ 2,45	+ 2,45	+ 2,45	- 0,65	- 1,05	- 1,35	- 0,54
Mars.....	- 0,49	+ 1,55	+ 1,69	+ 0,97	- 0,04	- 0 17	- 1,19	- 1,46
Avril.....	- 0,58	+ 0,70	+ 0,74	+ 0,45	- 0,27	- 0,49	- 0,72	- 0,45
Mai.....	+ 0,47	+ 0,56	+ 0,47	+ 0,20	- 0,40	- 0,67	- 0,56	- 0,18
Juin.....	+ 0,45	+ 0,58	+ 0,20	- 0,29	- 0,29	- 0,85	- 0,85	- 0,45
Juillet.....	+ 0,56	+ 0,65	+ 0,15	- 0,11	- 0,52	- 1,15	- 0,67	- 0,47
Août.....	+ 0,65	+ 1,06	+ 0,81	+ 0,09	- 0,47	- 0,92	- 0,99	- 0,45
Septembre....	+ 0,29	+ 0,85	+ 0,72	+ 0,11	- 0,15	- 0,76	- 0,99	- 0,58
Octobre.....	+ 0,90	+ 1,67	+ 1,95	+ 1,87	- 0,49	- 0,94	- 0,79	- 0,02
Novembre....	+ 0,65	+ 1,57	+ 2,05	- 0,15	- 0,15	- 0,56	- 0,40	- 0,81
Décembre....	+ 0,85	+ 1,55	+ 1,45	+ 1,55	+ 0,45	- 0,45	- 0,99	- 0,92
Hiver.....	+ 0,22	+ 2,54	+ 1,85	+ 1,55	+ 0,15	- 0,15	- 1,19	- 0,79
Printemps....	- 0,22	+ 0,92	+ 0,95	+ 0,45	- 0,25	- 0 54	- 0,77	- 0,90
Été.....	+ 0,54	+ 0,72	+ 0,54	- 0,11	- 0,45	- 0,94	- 0,85	- 0,45
Automne....	+ 0,61	+ 1,24	+ 1,50	+ 0,47	- 0,25	- 0,65	- 0,72	- 0,40
Année.....	+ 0,54	+ 1,24	+ 0,87	+ 0,56	- 0,18	- 0,65	- 0,90	- 0,61

B. L'hémisphère Sud.

LOI.— Le baromètre baisse avec les vents d'E., N. E. et N.; il cesse de baisser avec le vent de N. O. et il commence à monter; il monte avec les vents d'O., S. O. et S.; il cesse de monter avec le vent de S. E. et il commence à baisser (*fig. 2*, p. 117). M. Galle ¹ a confirmé directement cette loi par le calcul des observations recueillies dans les journaux du capitaine Wendt pendant son voyage autour du monde de 1830 à 1832.

	HÉMISPHERE Sud.	HÉMISPHERE Nord.	HÉMISPHERE Sud.
O. S. O.	+ 0,043	+ 0,070	+ 0,108
O.	+ 0,002	+ 0,198	— 0,031
O. N. O.	— 0,009	+ 0,317	— 0,092
N. O.	— 0,024	+ 0,475	— 0,007
N. N. O.	— 0,036	+ 0,475	— 0,094
N.	— 0,033	+ 0,198	— 0,101
N. N. E.	— 0,036	— 0,198	— 0,092
N. E.	— 0,063	— 0,214	— 0,047
E. N. E.	— 0,035	— 0,218	— 0,029
E.	— 0,054	— 0,189	— 0,092
E. S. E.	— 0,004	— 0,168	+ 0,004
S. E.	+ 0,092	— 0,148	+ 0,090
S. S. E.	+ 0,046	— 0,185	+ 0,056
S.	+ 0,051	— 0,275	+ 0,117
S. S. O.	+ 0,047	— 0,275	+ 0,177

Les observations de Jansen ² s'accordent avec les précédentes; il dit :

« Vingt-un cas nous ont montré qu'en général, quand le vent tournait du N. E. au N. O. par le N., il était accompagné par une baisse du baromètre; et que si, au contraire, il tournait de

¹ *Bestätigung der Dove'schen Windtheorie durch die Barometer-veränderungen der südlichen Halbkugel.* Ann. Pog. XXXVIII, page 476.

² *Onderzoekingen met den Zee Thermometer*, 1861, page 108.

l'O. et du N. O. au N. E. par le N. le baromètre montait toujours. Lorsqu'un vent de N. E. passait au N. O., sa force augmentait ordinairement et le temps était à grains ; tandis que lorsque le vent de N. O. passait au N. E., sa force diminuait et le temps était toujours chargé. Trente-deux cas nous ont montré que lorsque le vent tournait du S. O. au S. et au S. E. et que le baromètre montait, l'intensité du vent diminuait ; mais si le vent de S. O. tournait au S. E. par le S. tandis que le baromètre baissait, la force du vent augmentait. »

2. — LES FLUCTUATIONS DU THERMOMÈTRE.

A. Hémisphère Nord.

LOI.— Le thermomètre monte avec les vents d'E., S. E. et S.; il cesse de monter avec le vent de S. O. et il commence à baisser; il baisse avec les vents d'O., N. O. et N.; il cesse de baisser avec le vent de N. E. et il commence à monter (*fig. 3*, p. 117).

Dans les tables suivantes le signe + indique que le thermomètre monte et — qu'il baisse.

	PARIS.	CHISWICK.	HALLE.	RECHEN.
S.	— 0,36	+ 0,08	+ 0,53	+ 1,14
S. S. O.	— 0,15			
S. O.	— 0,62	+ 0,08	— 0,02	— 0,32
O. S. O.	— 0,77			
O.	— 0,76	— 0,25	— 0,62	— 0,79
O. N. O.	— 1,28			
N. O.	— 0,12	— 0,25	— 0,88	— 1,40
N. N. O.	— 0,50			
N.	+ 0,11	— 0,02	— 0,12	— 0,97
N. N. E.	+ 0,23			
N. E.	+ 0,61	— 0,16	+ 0,65	+ 0,22
E. N. E.	+ 0,94			
E.	+ 0,70	— 0,01	+ 0,51	+ 0,76
E. S. E.	+ 2,36			
S. E.	+ 1,37	+ 0,70	+ 0,71	+ 1,10
S. S. E.	+ 0,88			

ZECHEN.

	HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.
S. O.	+ 0,32	— 0,21	— 1,02	— 0,36
O.	— 0,25	— 0,62	— 1,54	— 0,77
N. O.	— 1,53	— 1,44	— 1,28	— 1,35
N.	— 1,20	— 1,00	— 0,62	— 0,97
N. E.	— 0,35	+ 0,08	+ 0,50	+ 0,67
E.	+ 0,27	+ 0,76	+ 1,07	+ 0,92
S. E.	+ 1,02	+ 1,53	+ 0,11	+ 1,75
S.	+ 1,67	+ 1,04	+ 0,65	+ 1,22

CHISWICK.

	HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.
S. O.	+ 0,55	+ 0,11	— 0,25	— 0,10
O.	— 0,42	+ 0,05	— 0,22	— 0,41
N. O.	— 0,25	+ 0,26	+ 0,27	— 0,72
N.	— 0,32	— 0,22	+ 0,22	— 0,42
N. E.	— 0,70	— 0,40	+ 0,46	— 0,15
E.	+ 0,06	— 0,26	+ 0,25	+ 0,25
S. E.	+ 0,70	+ 0,46	+ 0,55	+ 1,11
S.	+ 0,55	+ 0,15	— 0,41	— 0,43

Nous voyons qu'à Paris, Halle, Zechen et Ogdensbourg, la loi est parfaitement visible, tandis qu'à Chiswick elle n'est bien indiquée qu'en hiver. Il serait bien à désirer à cause de cela que l'on pût calculer quelque autre journal d'observations faites en Angleterre. Dans l'hiver, le vent le plus froid est le N. E., dans l'été c'est le N. O.; conséquemment le point où le thermomètre cesse de monter et commence à baisser et *vice versa* subit une modification correspondante.

Les seules preuves que nous ayons pour l'hémisphère Sud sont des preuves indirectes, surtout celles contenues dans les observations de Leichhardt et Strelecki, et que nous avons déjà citées. Le seul journal un peu détaillé que nous connaissons est celui de Hobarton, dans la terre de Van-Diemen; mais les deux vents contraires (N. O. et S. E.) semblent y prédominer tellement que les valeurs que l'on obtiendrait pour les changements de chaque vent en particulier donneraient une trop grande différence dans leurs résultats pour en déduire une moyenne exacte. Néanmoins il serait à désirer qu'on les calculât. Il m'a été impossible de remplir la promesse que j'en avais faite à la réunion de l'association anglaise de Cambridge en 1845; et je crains bien que mes nombreuses occupations actuelles ne me permettent pas de le faire.

3. — VARIATIONS DANS LA TENSION DE LA VAPEUR AQUEUSE.

A. Hémisphère Nord.

LOI. — La tension de la vapeur aqueuse augmente avec les vents d'E., S. E. et S.; elle cesse d'augmenter avec les vents de S. O. et elle commence à diminuer; elle diminue avec les vents d'O., N. O. et N.; elle cesse de diminuer avec le vent de N. E. et elle commence à augmenter.

	LONDRES.	HALLE.
O.	0,000	— 0,159
N. O.	— 0,178	— 0,555
N.	— 0,355	— 0,406
N. E.	— 0,197	— 0,254
E.	— 0,354	+ 0,178
S. E.	+ 0,152	+ 0,711
S.	+ 0,203	+ 0,415
S. O.	+ 0,051	+ 0,001

Nous n'avons pas de journal pour l'hémisphère Sud.

4. — VARIATIONS DANS LA PRESSION DE L'AIR SEC.

A. *Hémisphère Nord.*

LOI. — La pression de l'air sec diminue avec les vents d'E., S. E. et S.; elle cesse de diminuer avec le vent de S. O. et elle commence à augmenter; elle augmente avec les vents d'O., N. O. et N.; elle cesse d'augmenter avec le vent de N. E., et elle commence à diminuer.

	LONDRES.	WALL.
O.	+ 0,379	+ 0,789
N. O.	+ 0,900	+ 2,345
N.	+ 1,600	+ 1,218
N. E.	+ 0,584	+ 0,338
E.	— 0,051	— 0,609
S. E.	— 1,397	— 1,849
S.	— 1,370	— 1,265
S. O.	— 0,685	— 0,412

Il n'y a pas de journaux calculés pour l'hémisphère Sud.

Nous pouvons tirer des lois précédentes les règles suivantes pour la chute de la neige ou de la pluie.

1. La fraction de saturation de l'air augmente avec les vents d'E., diminue avec les vents d'O., et cet effet se produit un peu au delà des points où le baromètre et le thermomètre atteignent leurs valeurs extrêmes. La raison en est que du côté Ouest le vent froid, qui s'établit auprès du sol, commence par diminuer la capacité de l'air pour absorber l'humidité, tandis que le vent chaud du côté Est, qui s'établit à un niveau plus élevé, augmente en même temps cette capacité. Des observations faites à Paris pendant une période de dix années donnent les résultats suivants. Le signe + indique que l'instrument monte, — qu'il baisse.

N. O.....	— 3° 1	S. E... ..	+ 3° 2
N.....	— 4° 8	S.....	+ 1° 8
N. E.....	— 3° 0	S. O.....	+ 5° 2
E.....	— 0° 6	O.....	+ 3° 3

2. La formation du *cirrus*, indice du commencement du courant équatorial, lequel est visible en dessous, est accompagnée d'une baisse du baromètre; celle des *cumulostrati* qui s'élèvent en tourbillonnant de l'horizon Ouest par une hausse du baromètre.

Les seules preuves que nous puissions donner de ce fait sont les observations météorologiques que j'ai faites à Königsberg de 1826 à 1829. Depuis cette époque de nouvelles observations me l'ont confirmé.

3. Puisque, ainsi que l'indique le baromètre, la différence de température, et conséquemment de pression entre les courants est plus grande en hiver, le courant polaire déplace le courant équatorial plus rapidement dans cette saison. Pendant la précipitation qui se produit dans ce moment, le courant le plus bas tourne plus au Nord. Il en résulte que la direction moyenne du vent est plus Nord avec la neige qu'avec la pluie. A Berlin elle est O. S. O. avec la pluie (65° 54' en faisant S. = 0°) et N. O. avec la neige (133° 59').

4. Par suite des mêmes causes qui produisent en général une oscillation plus grande du baromètre en hiver qu'en été, nous trouvons qu'en moyenne le baromètre baisse plus au-dessous de son niveau moyen avec le vent qui souffle pendant la neige que pendant la pluie. Léopold von Buch est le premier qui ait observé ce fait. Les résultats des observations faites à Berlin sont:

	MOYENNE.	AVEC PLUIE.	AVEC NEIGE.
N.	738,5	751,3	751,6
N. E.	739,1	755,9	752,8
E.	738,6	756,6	751,9
S. E.	734,6	751,2	749,3
S.	731,3	749,0	746,1
S. O.	732,6	750,1	748,0
O.	735,9	753,8	752,4
N. O.	737,3	755,7	754,5

Si cependant la pluie et la neige tombent pendant le cours d'un même circuit de la rose des vents, comme conséquence de ce fait que la neige qui tombe quand le vent est au S. E. se change en pluie quand le vent est au S. O. et redevient neige lorsque le vent passe à l'O., nous trouverons le niveau du baromètre plus bas pendant la pluie que pendant la neige. Ce fait prouve l'inexactitude de l'opinion d'Espy, qui dit que le baromètre est plus bas pendant la neige que pendant la pluie, parce qu'il se dégage une plus grande quantité de chaleur latente pendant la condensation de la vapeur aqueuse pour former la neige que quand elle est condensée en pluie seulement.

5. Le baromètre baisse pendant la pluie avec les vents d'E., et monte pendant la pluie avec les vents d'Ouest. J'ai trouvé que les observations faites à Paris ont donné les résultats suivants pour la fluctuation en douze heures ; + indique que l'instrument monte, — qu'il baisse.

N. N. E.	— 0,014	S. E.	— 0,494	O. S. O.	+ 0,020
N. E.	+ 0,376	S. S. E.	— 1,004	O.	+ 2,520
E. N. E.	— 1,064	S.	— 0,702	O. N. O.	+ 3,174
E.	— 1,426	S. S. O.	— 0,679	N. O.	+ 3,020
E. S. E.	— 0,767	S. O.	— 0,165	N. N. O.	+ 1,686
				N.	+ 1,408

Kaemtz a confirmé les résultats obtenus à Paris par un calcul des observations faites à Stockholm.

	JOUR avant la pluie.	JOUR DE PLUIE.
E.	— 0,025	— 0,926
S. E.	— 1,128	— 1,467
S.	— 0,925	— 1,577
S. O.	— 1,602	— 0,609
O.	+ 0,295	+ 0,496
N. O.	+ 0,690	+ 2,391
N.	+ 0,947	+ 1,554
N. E.	+ 0,155	+ 0,985

6. Si nous ne tenons pas compte du froid produit par l'évaporation, nous trouvons que la température s'élève après la pluie avec le vent d'E., et qu'elle baisse après la pluie avec les vents d'Ouest. Les résultats des observations sont donnés ci-dessous ; la fluctuation journalière a été éliminée comme dans tous les cas précédents.

N. E.	+ 1° 33	S. O.	— 1° 18
E. N. E.	+ 4 03	O. S. O.	— 0 68
E.	+ 0 01	O.	— 1 21
E. S. E.	+ 1 78	O. N. O.	— 1 30
S. E.	+ 3 87	N. O.	— 0 54
S. S. E.	+ 0 45	N. N. O.	+ 0 78
S.	+ 0 10	N.	+ 1 34
S. S. O.	+ 0 03	N. N. E.	— 0 73

Les chiffres qui ont été cités prouvent clairement que le contraste entre les côtés Est et Ouest de la rose des vents est aussi tranché lorsqu'il tombe de la pluie ou de la neige que lorsque le circuit du vent s'achève sans qu'il y ait une semblable précipitation d'humidité.

Nous avons attribué les contrastes entre les côtés Est et Ouest de la rose des vents, lesquels sont si clairement indiqués quant à la précipitation de l'humidité, à ce fait que les phénomènes du côté Ouest sont produits par le déplacement du courant équatorial par le courant polaire, tandis que ceux du côté Est sont dus au déplacement du courant polaire par le courant équatorial. Les observations dont nous avons déduit les règles ci-dessus sont affectées, sous certains rapports, par les influences locales ; soit, pour l'Europe, parce qu'elle est située entre l'Océan à l'O. et un grand continent dans l'Est. On peut éviter cette influence perturbatrice en choisissant des stations dont les positions seraient exactement l'opposé de celles que nous venons de décrire ; les côtes des Etats-Unis sont admirablement placées pour cela. Il serait même à désirer que l'on pût avoir un seul journal qui comprendrait un nombre d'années considérable, mais tenu de telle sorte que les indications du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre, prises un certain nombre d'heures avant une direction définie et observée d'un vent qui est accompagné par une précipitation d'humidité,

puissent être comparées avec les indications des instruments prises un même nombre d'heures après ce vent. Ce calcul nous montrerait l'effet produit quand le degré de saturation des vents d'E. a été augmenté par leur passage sur la mer, tandis que les vents d'O. ont perdu une partie de la vapeur aqueuse qu'ils contenaient, pendant leur contact avec les terres, surtout dans les endroits où une chaîne de montagnes courant du N. au S. se trouve sur la route du vent venant de la côte occidentale. A l'exception du journal tenu à Toronto qui n'est pas assez bien placée pour faire des recherches de cette nature, parce que cette ville est située précisément sur le bord d'un grand lac d'eau douce, je ne connais aux États-Unis que celui publié par M. Bache, qui renferme les observations de l'observatoire météorologique de Philadelphie. Ce journal n'embrasse pas une période suffisante de temps pour en déduire les faits du second ordre, si nous appelons les vents de N. et de S. du premier ordre. Je dis dans le troisième volume des observations faites à l'observatoire magnétique et météorologique d'Hobarton, Terre de Van-Diemen, p. 10 :

« La météorologie a commencé par l'étude des phénomènes observés en Europe ; elle a reçu un premier et important développement par les observations des phénomènes de l'Amérique tropicale (par Humboldt). Si les faits qui sont vrais pour l'Europe étaient également applicables aux zones tempérées et froides sous toutes les longitudes, et si également l'Amérique tropicale représentait la zone torride en général, il importerait peu que l'étude de la météorologie ait pris naissance dans une partie du monde ou dans l'autre ; mais il n'en est pas ainsi, et pour avoir voulu trop vite généraliser, on a négligé quelques phénomènes très-importants, tandis que d'autres moins importants étaient mis en lumière. Il était temps que cette science sortît des langes dans lesquels elle était restée enveloppée si longtemps. »

Il serait à désirer que de nombreux observateurs s'entendissent pour remplir le vide que nous signalons ici, et pour faire des observations sur les différents continents, imitant en cela l'exemple qui a été donné déjà pour les observations faites à la mer.

Cette coopération est plus nécessaire ici parce qu'il y a beaucoup de questions de météorologie qui ne peuvent être résolues que par des séries complètes et non interrompues d'observations faites à une même station.

Nous pouvons conclure indirectement que les résultats obtenus pour la terre sont applicables à la mer, si les résultats connus des observations faites en mers s'accordent avec ceux qu'on a trouvés par les observations et les calculs faits aux stations à terre. C'est avec une véritable satisfaction que j'ai lu, dans un ouvrage publié en 1840-1855 par le commandant Lartigue¹, une description de la nature des différents vents exprimée presque dans les mêmes termes que ceux que j'ai employés dans mes ouvrages depuis 1827, et dans mes recherches météorologiques pour l'année 1837. Dans cet ouvrage les règles pour les deux hémisphères sont placées à côté l'une de l'autre. Dans les passages qui ont rapport à la Loi de Giration, j'ai écrit les rums relatifs à l'hémisphère Sud entre parenthèses après ceux de l'hémisphère Nord. Je vais ajouter ici quelques remarques générales sur toutes les observations faites à la mer.

5. — EFFET DU MOUVEMENT DU NAVIRE SUR LES OBSERVATIONS DE LA LOI DE GIRATION.

Les renseignements fournis par les observateurs marins, à l'exception toutefois des observations particulières que Dumont-d'Urville m'a communiquées, font toutes mention de l'impression générale produite sur eux par les changements de direction du vent dans les deux hémisphères, et nous pouvons dire que leurs observations ont été faites à la mer et dans les ports, car même dans le dernier cas les marins ne négligent jamais d'observer la direction du vent. Des observations ainsi faites sont réellement dans des conditions très-différentes, ainsi qu'on peut le voir par l'exemple ci-dessous. Supposons qu'à

¹ Exposition du système des vents, ou Traité du mouvement de l'air à la surface du globe et dans les régions élevées de l'atmosphère.

un point quelconque de l'hémisphère Nord, un courant polaire s'établit, et qu'un bâtiment fasse route vers l'équateur poussé par ce courant, il observera un changement graduel de vent du N. vers l'E. par le N. E., tandis qu'à tous les points fixes de sa route la direction de la girouette sera restée invariable, pourvu que le point où le courant a commencé n'ait pas varié. Si au contraire nous supposons que le navire fait route vers le point où le courant prend naissance, avec la même vitesse que ce courant se ment en partant de son point de départ, l'observateur qui sera à bord trouvera que la direction du vent est restée invariable, tandis que l'on aura observé un changement de vent à la station de terre. En général l'approche de l'équateur accélérera la rotation du courant polaire (du N. à l'E. par le N. E. dans l'hémisphère Nord ; du S. à l'E. par le S. E. dans l'hémisphère Sud), tandis que l'approche du pôle la retardera. L'effet dans le premier cas est le même que celui produit par un déplacement du point de naissance du courant à une station à terre ; dans le dernier il est le même que l'approche de ce point vers une station à terre. Contrairement, l'approche du navire de l'équateur retardera la rotation du courant équatorial (du S. à l'O. par le S. O. dans l'hémisphère Nord ; du N. à l'O. par le N. O. dans l'hémisphère Sud) et son approche du pôle l'accélérera. Il m'a paru très-utile de mettre ces observations en regard de celles faites par le commandant Lartigue, qui indiquent très-clairement comment le même courant change de direction dans le cours de sa marche. J'ai conséquemment publié les preuves qu'il donne séparément de celles des autres observateurs. Si nous nous servons de la Loi de Giration pour indiquer la succession régulière des directions du vent à chaque station, comme je l'ai fait dans toutes mes recherches, il est évident que le navigateur n'observera pas les mêmes faits que l'observateur qui est à terre, puisqu'il change de position ; mais qu'il combinera ensemble les différentes étapes, observées à différentes stations, d'une même rotation qui passe régulièrement et successivement par toutes ces étapes à chacune de ces stations. Aucun journal de bord ne peut, par conséquent, nous donner pour la mer des résultats correspondant à ceux obtenus à terre, mais nous pouvons

combinaison des observations des journaux de plusieurs navires qui ont passé successivement par le même point. Cela serait certainement très-difficile ; il serait à désirer cependant que les marins établissent une distinction entre les observations faites à la mer et celles qu'ils font dans les ports ; car il peut arriver que le vent ait tourné contre le soleil alors que le navire était sous voiles dans les hautes latitudes sans que la transition soit réellement contraire à la loi de giration. On distingue ce changement de ceux que nous allons expliquer ci-après, et qui sont dus aux mouvements cycloniques, par ce fait que le changement de direction se produit lentement dans le premier cas et rapidement dans le second.

Les résultats obtenus par le commandant Lartigue sont :

Dans l'hémisphère boréal (austral), le vent vient d'abord du S. S. E. (N. N. E.) ; faible en commençant, il fraîchit progressivement. Si le temps se convre, le vent continue à prendre de la force, et il se rapproche du S. O. (N. O.). La pluie commence à tomber lorsqu'il souffle entre le S. (N.) et le S. S. O. (N. N. O.) ; alors le temps devient brumeux ; le vent passe ensuite au S. O. (N. O.) et même à l'O. S. O. (O. N. O.) ; il souffle souvent de ces directions pendant plusieurs jours ; mais il finit ordinairement par sauter à l'O. N. O. (O. S. O.) dans des grains quelquefois violents, qui se succèdent avec rapidité ; c'est alors que le vent a le plus de force.

Lorsque le vent de l'O. N. O. (O. S. O.) a acquis une certaine durée en conservant son intensité, il passe au N. O. (S. O.) ou au N. (S.), et si le temps s'embellit, c'est un indice probable qu'il parvient dans la zone torride (*sic*).

Si le vent faiblit, après avoir sauté du S. O. (N. O.) ou de l'O. S. O. (O. N. O.) à l'O. N. O. (O. S. O.), et que le temps ne s'embellisse pas, il revient à l'O. S. O.¹ (O. N. O.), en soufflant dans des directions intermédiaires. Le vent de l'O. S. O. (O. N. O.), après quelque temps de durée, saute de nouveau à

¹ C'est ce phénomène que nous avons appelé le retour fréquent du vent au côté Ouest.

l'O. N. O. (O. S. O.) pour revenir encore à l'O. S. O. (O. N. O.) Si, dans ces oscillations, le vent vient à souffler entre le N. O. (S. O.) et le N. (S.), ou entre le S. O. (N. O.) et le S. S. E. (N. N. E.), il peut acquérir la violence de la tempête.

Dans tous les cas, un instant avant que le vent de l'O. N. O. (O. S. O.) remplace celui de l'O. S. O. (O. N. O.), ce dernier se rapproche du S. (N.) en augmentant de force, et lorsque le vent de l'O. N. O. (O. S. O.) commence à souffler, ainsi que pendant la durée des grains, sa direction se rapproche du N. (S.).

Les vents sautent ordinairement de l'O. S. O. (O. N. O.) à l'O. N. O. (O. S. O.) ; mais quelquefois ils varient seulement de l'O. q. S. O. (O. q. N. O.) à l'O. q. N. O. (O. q. S. O. Plus près de l'équateur, ils varient régulièrement du S. O. (N. O.) au N. O. (S. O.) et même au N. (S.).

Lorsqu'à la suite des calmes, le vent se dirige des pôles vers l'équateur, il prend ordinairement la direction du N. (S.) dans la zone tempérée; il varie successivement au N. N. E. (S. S. E.) et au N. E. (S. E.) en avançant vers le S. (N.). C'est lorsqu'il souffle du N. N. E. (S. S. E.), dans la zone torride, qu'il acquiert sa plus grande intensité.

Lorsque dans la zone tempérée les vents varient ainsi, c'est-à-dire de gauche à droite dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, il a été remarqué qu'ils n'acquerraient une grande force qu'à l'instant seulement où ils sautaient de l'O. S. O. (O. N. O.) à l'O. N. O. (O. S. O.), et qu'ils ne la conservaient longtemps en passant au N. O. (S. O.) et au N. (S.) que dans les lieux où la configuration des terres pouvait contribuer à en augmenter l'intensité, comme dans le golfe de Lyon et dans celui du Mexique (la baie de Rio de la Plata), où ils soufflent assez souvent en coup de vent ; mais lorsque, dans la zone tempérée, les vents tournent en sens opposé, c'est-à-dire en sens inverse de la marche des aiguilles d'une montre, de grandes perturbations peuvent survenir dans l'état de l'atmosphère ; alors des coups de vent, des tempêtes et même des ouragans peuvent se manifester.

Il existe cependant quelques exceptions à cette règle, car il arrive parfois sur les côtes occidentales de France, ainsi que dans les latitudes très-élevées, que le vent à la suite des calmes

s'élève de la partie du S. (N.) ; il passe ensuite au S. E. (N. E.), à l'E. (E.) et au N. N. E. (S. S. E.) sans acquérir une grande force et sans que le temps cesse d'être beau ; mais si le vent vient à varier du N. N. E. (S. S. E.) au N. (S.) et au N. O. (S. O.), il pourra souffler en coup de vent et même en tempête.

Les observations faites par M. Lartigue lui-même sont extraites des *Annales maritimes*, 1841, pages 258 et suivantes.

HÉMISPÈRE NORD. — J'ai observé sur la rade de Brest, pendant plusieurs années, que les vents venaient de l'O. S. O. à l'O. N. O. ; que ces derniers étaient à grains ; que le temps s'embellissait lorsqu'ils passaient au N. O. J'ai fait quelques observations à peu près semblables à Paris. A Brest, comme à Paris, les vents, à la suite des calmes, commencent à souffler de la partie du S. et du S. S. E., et passent ensuite au S. S. O. et au S. O.

Marengo. — Le 6 novembre 1814, après 10 heures de faibles brises, qui varièrent du S. E. au S. et au S. S. O., les vents soufflèrent de l'O., et peu de temps après du N. N. O., bon frais. Latitude 35° 25' N., longitude 19° 40' O. En avançant dans le S., le vaisseau trouva les vents Nord, ensuite ceux du N. N. E. ; ils étaient très-frais : ils conservèrent cette direction pendant trois jours.

Le 13 novembre 1814. — Après quelques heures de calme, les vents s'élevèrent de la partie du S. S. O. ; ils varièrent ensuite au S. O. et à l'O. S. O. Après deux jours de durée, ils tournèrent à l'O. q. N. O. ; ils soufflèrent de cette direction pendant cinq heures, et prirent successivement celle du N. O. et du N. ; ils étaient très-moderés. Latitude 29° 25' N., longitude 23° 10' O. Ces vents passèrent dans peu de temps au N. N. E. et au N. E.

Cybèle. — Le 17 juin 1816. — Après 12 heures de calme, la brise s'élève de la partie du S. S. E. ; elle passe successivement au S., au S. S. O. et à l'O. S. O. ; elle vient ensuite à l'O. N. O. Latitude 45° N., longitude 48° O.

Le 24 juin 1816. — Après 7 heures de calme, faible brise du S. E., variant au S. S. O. et au S. O. en fraîchissant successi-

vement. Le 25 juin, à six heures du soir, le vent passe au N. et varie au N. N. E. Latitude $45^{\circ} 50' N.$, longitude $55^{\circ} O.$

Du 7 au 9 octobre, entre les parallèles de $45^{\circ} 37'$ et $50^{\circ} N.$, sur le méridien de $56^{\circ} O.$, pendant trois fois différentes, les vents, à la suite des calmes, ont commencé au S., tourné au S. O., et sauté ensuite au N. O. Depuis la latitude $45^{\circ} 37' N.$ et la longitude $55^{\circ} 48' O.$, jusqu'à Brest, les vents ont varié de l'O. N. O. au N.

Zélée. — Parti de Rochefort le 29 juin 1818, avec des vents de N. qui venaient de s'établir; le lendemain ils étaient au N. E. Ils varièrent à l'E. N. E. et à l'E.

Par latitude $41^{\circ} 20' N.$, et par longitude $13^{\circ} 30' O.$, les vents varièrent au N. N. O. et N. O. Après avoir dépassé le parallèle du détroit de Gibraltar, les vents passèrent au N. N. E. et au N. E.

Clorinde. — 11 août 1821. Vents faibles de l'O. N. O., tournant, dans l'espace de 12 heures, au N., N. N. E., N. E. et à l'Est. Latitude $37^{\circ} 15' N.$, longitude $14^{\circ} 25' O.$ Les vents d'E. sont modérés; ils prennent de l'intensité en variant deux jours après au N. E. et au N. N. E. Latitude $33^{\circ} N.$, longitude $17^{\circ} O.$

Lyonnaise. — Le 18 février 1825. — Nous faisons route au S. O. avec des vents de l'O. N. O., qui durèrent 10 heures, par latitude $37^{\circ} N.$, longitude $15^{\circ} 45' O.$ Les vents sont très-modérés de la partie Nord; 10 heures après, ils soufflent de l'E. N. E.

Le 20 février, les vents étaient à l'E., ils tournèrent au S. E. dans la matinée, par latitude $35^{\circ} N.$, longitude $18^{\circ} O.$ Ils conservèrent à peu près cette direction jusqu'à l'après-midi du lendemain; alors ils commencèrent à varier, et ils passèrent successivement au S. S. E., S., S. S. O. et S. O., par latitude $32^{\circ} 15' N.$, longitude $20^{\circ} 50' O.$

Le 22, aux environs de midi, les vents passèrent à l'O. N. O.; avant le coucher du soleil, ils étaient N. N. O.; ils devinrent N. N. E. pendant la nuit; ils ne dépassèrent pas le N. E. jusqu'à Ténériffe.

Alcibiade. — Le 17 octobre 1828. — Après 2 heures de calme la brise souffle du S. S. O. Latitude $41^{\circ} 10' N.$, longitude

17° 30' O. Faible d'abord, elle fraîchit successivement en se rapprochant du S. O. et de l'O. S. O. Après 36 heures de durée, le vent passe de l'O. S. O. à l'O. N. O.; il est d'abord modéré; il fraîchit en variant au N. N. O.

Le 20 octobre. — Après quelques heures de calme, les vents s'élèvent du S. S. O. Latitude 37° 15' N., longitude 23° O. Ils passent successivement au S. O., sautent au N. O.; bientôt ils sont N. E.; ils viennent ensuite à l'E. et au S. E.; ils soufflent de cette direction jusqu'au 25 octobre, par latitude 34° 5' N., longitude 31° O. Là, ils passent au S. S. O.; quelques heures après ils viennent au Nord. Les vents ont varié successivement au N. N. E., au N. E. et à l'E., ensuite au S. E. et au S. S. E.

Le 28 octobre à midi. — Les vents du S. sautent à l'O. S. O. et bientôt après à l'O. N. O., dans des grains très-violents; ils deviennent ensuite N. E.; latitude 33° 27' N., longitude 39° O.

Le 4 novembre, les vents varient à l'E. et à l'E. S. E. Latitude 34° 18' N., longitude 64° 40' O. Ils tournent ensuite au S. et au S. O., par latitude 36° 19' N., longitude 70° 52' O. Le 6 novembre, les vents sautent du S. O. à l'O. N. O. dans un grain extrêmement violent; ils deviennent ensuite N. N. O. et Nord.

Voici encore deux circonstances semblables : dans l'une, entre Norfolk et Saint-Domingue, le vent tourna lentement du N. au N. E.; dans l'autre, entre Pensacola et la Havane, les vents de N. tournèrent au N. E. et à l'E.

Melpomène. — Dans cette circonstance ce navire en sortant du détroit de Gibraltar s'éleva dans le N. jusque par 45° N., de sorte que le changement de vent eut lieu dans une direction rétrograde, puisque dans les latitudes plus élevées il trouva des vents qui n'avaient pas une si grande déviation produite par le mouvement de la terre. Il est probable que si la *Melpomène* était restée stationnaire, le vent n'aurait pas paru changer, pourvu toutefois que l'intensité et la distance du point initial du courant fussent restées invariables.

Le 15 octobre. — Vents d'E. N. E. par latitude 42° N., longitude 17° 15' O. Les vents se rapprochent du N. à mesure que nous augmentons de latitude; ils sont N. O. par 43° 15' N.,

O. N. O. par 44° N. Nous les trouvons de l'O. S. O. à l'O. par latitude 45° N. à peu près sur le méridien du cap Finistère. Il est possible que dans ce cas, le vent soufflant dans la direction d'un parallèle de latitude ait été dévié d'après le principe originel d'Hadley; ce qui ne peut arriver que pour les vents qui font un certain angle avec ces parallèles.

Atalante. — Novembre 1833. — Vents très-forts du N. N. O., par latitude $29^{\circ} 10'$ N., longitude 27° O. Après 48 heures de durée, ils faiblissent un peu et ils se rapprochent du N. et du N. N. E. Ils sont N. E. par latitude 21° N., longitude 37° O. Ces vents faiblissent en se rapprochant de l'E.

Jupiter. — 5 février 1836 (anormal). — Vents du N. E., variant au N. N. E.; ils passent au N., N. N. O. et N. O., en avançant dans l'Ouest. Par latitude $42^{\circ} 55'$ N., longitude $13^{\circ} 45'$ O., la rotation est normale, car en diminuant de latitude les vents viennent N. N. E., ensuite E. N. E.

Caravane. — Le 12 septembre 1838 (anormale). — Vents du N. E. à l'E. N. E. dans le détroit; le 13, ils sont N. N. O., et varient jusqu'au N. O. par latitude $35^{\circ} 11'$ N., longitude $10^{\circ} 6'$ O. A partir de ce point, ils varient d'une manière irrégulière à l'O., au S. O. et au S. S. O. La rotation normale au N. N. O. et au N. a lieu le 17 septembre, par latitude $32^{\circ} 19'$ N., longitude 13° O. Le 1^{er} octobre, vents de S. E. variables au S., au S. O. et ensuite au N. O. et au N. faibles; latitude $20^{\circ} 41'$ N., longitude 41° O.

En outre de ces observations, M. Lartigue cite les autorités suivantes pour confirmer ses données :

GRAND OcéAN DU NORD; *Lapérouse*, pages 345, 305, 307, 309, 311.

Portlock et Dixon, 1785, p. xx, deux cas; app. xxiv, deux cas; pp. xxv, xxvii et xxviii.

Cook, 1779, iv, 514, 515. Océan Indien, page 518.

La Bonite, pages 282, 283.

OcéAN ATLANTIQUE (HÉMISPHERE SUD). *Bougainville*, 1826, II, p. 155, cas très-remarquable; p. 157, le même.

Duperrey, 13, 1822. *Observat. météorol.*, deux cas, 25; trois cas, p. 117, 119, 121.

OcéAN PACIFIQUE (HÉMISPHERE SUD). *Lapérouse*, de Talca-

guana à l'île Easter. Les vents de S. et de S. S. O. tournent au S. S. E., S. E. et E. S. E., à mesure que la latitude devient plus basse, 285.

Océan Indien, *Bougainville*, 1824, III, deux cas.

Nouvelle-Hollande, p. 139.

De Port Jackson à Valparaiso, 145, deux cas, p. 147, 149.

De Valparaiso à, p. 15, 153, 155.

L'Astrolabe, 1828, 131, deux cas. 137.

Cook, 1773, IV, 231, 490.

Duperrey, *Observat. métérol.*, 25, 31, 49.

La Bonite, 1836, p. 101, 102, 106, 111, 120, 147, 148, 149.

Dans toutes les descriptions que j'ai données jusqu'à présent des oscillations des instruments, j'ai considéré la direction du vent indiquée par la girouette. J'ai décrit (page 77) comment les courants se déplaçaient l'un l'autre en me servant des mêmes termes que j'avais employés dans mes *Recherches météorologiques*¹, et j'ai expliqué comment le courant équatorial s'établit dans les couches supérieures de l'atmosphère et déplace le courant polaire qui vient d'en dessus, tandis que le courant polaire, au contraire, paraît d'abord dans les couches inférieures de l'atmosphère et monte graduellement. Les assertions du commandant Lartigue s'accordent en cela parfaitement avec les miennes, sauf cette exception qu'il appelle *vents primitifs* (page 47) le courant que j'appelle polaire, et *vents secondaires* le courant que je nomme équatorial. Je ne vois pas de raisons pour changer les dénominations que j'ai adoptées, puisqu'elles sont employées en Angleterre, en Allemagne, en Russie et même en France, ainsi qu'on peut le voir dans un compte rendu de mes ouvrages publié par M. Laugel dans la *Revue des Deux-Mondes*.

Un résultat immédiat de ce déplacement mutuel des vents est que très-souvent les vents qui soufflent dans des directions opposées passent l'un sur l'autre. Si la différence de température entre les deux courants produit du brouillard à la surface de séparation, et si le brouillard se trouve en dedans du

¹ *Meteorologische Untersuchungen*. In-8°. Reimer, Berlin. 1837.

courant supérieur, nous pouvons connaître avec certitude la direction de ce courant supérieur en observant d'en bas la direction des nuages.

On peut attribuer à deux causes distinctes la précipitation de l'humidité (en négligeant celles qui sont dues au *courant ascendant*) : 1^o à ce que la température du courant équatorial diminue en traversant les hautes latitudes ; 2^o à ce que le contact des deux courants produit une condensation de l'humidité. J'ai appelé la première cause « précipitations du courant » et la seconde « précipitations du changement des courants. » Il est évident que dans la première cause la direction des nuages correspond au courant inférieur et que, puisque le courant équatorial est un vent de S. qui a reçu une déviation Ouest proportionnée à la distance qu'il a parcourue, les directions du vent pour le côté Ouest, conclues de la marche des nuages, dépasseront en nombre celles observées sur la girouette à la surface de la terre. Le contraire doit avoir lieu avec les vents d'E. ; mais comme ils amènent un temps clair, il sera impossible de prouver l'existence du courant à un niveau élevé lorsqu'il existera dans les couches inférieures et supérieures, puisque les éléments qui pourraient rendre ce courant visible d'en bas n'existent pas.

Ceci nous montre que, si nous pouvons admettre que la direction du vent indiquée par la marche des nuages n'est pas affectée par autant de causes perturbatrices que celle du vent qui passe près de la surface de la terre, il existe cependant des complications matérielles provenant de ce que les nuages donnent tantôt la direction du courant inférieur et d'autres fois celle du courant supérieur, tandis que la girouette n'indique que le point d'où le courant inférieur souffle.

On peut expliquer ainsi les résultats obtenus par Bertraud le Douc (*de la fréquence comparée des vents supérieurs et inférieurs*). Il a trouvé par des observations qu'il a faites lui-même au Puy pendant cinq années, par Quetelet à Bruxelles pendant huit années, et par Müller à Görsdorf pendant quatre années, les proportions suivantes :

	LE PUY.		BRUXELLES.		GÖRSBÖRÖ.	
	Supérieur.	Inférieur.	Supérieur.	Inférieur.	Supérieur.	Inférieur.
N. E.	81	100	82	84	52	45
E.	9	14	88	121	119	128
S. E.	31	122	98	64	66	125
S.	82	117	82	121	85	75
S. O.	125	75	214	178	274	210
O.	194	120	282	180	220	217
N. O.	252	222	116	87	155	75
N.	215	179	81	65	71	29

Avec les vents de S. O. inférieurs et les vents de S. E. supérieurs, la quantité de pluie tombée au Puy a été de 296 millimètres; avec les vents de S. O. supérieurs et les vents de S. E. inférieurs, elle a été de 131 millimètres; de sorte que dans le premier cas elle a été plus grande que dans le dernier, tandis que la proportion a été l'inverse avec d'autres vents. La raison en est que, avec les vents de S. O. et de S. E., le résultat total est la réunion des précipitations du courant avec celles du changement.

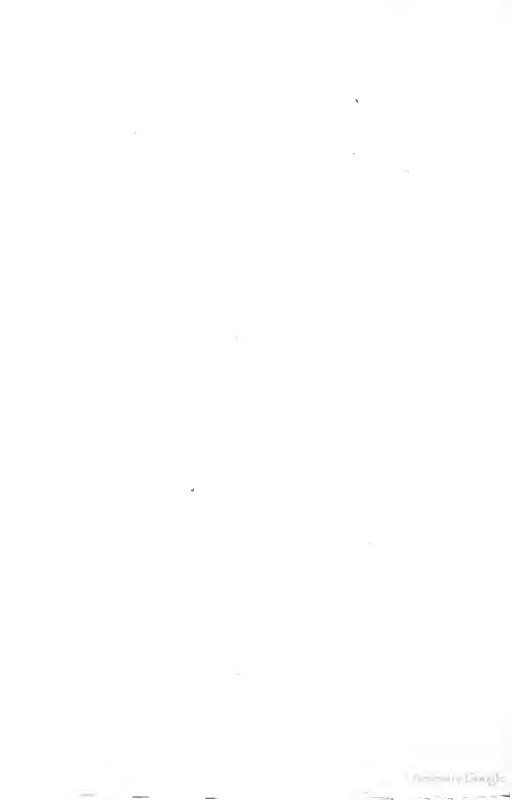
Une autre circonstance sur laquelle Broun a appelé l'attention affecte également ce résultat (*Résultats généraux des observations magnétiques et météorologiques faites à Makerstoun en Ecosse*, page 104). Puisque la terre cherche à imprimer sa propre vitesse de rotation à l'air qui est en contact avec sa surface, elle tend à diminuer la déviation qui a été imprimée au courant pendant son passage sur des parallèles de latitude dont la vitesse de rotation va constamment en diminuant. Broun trouve l'O. 21° S. pour la direction du vent à la surface de la terre; l'O. 7° S. pour le courant humide (*underscod Current*) inférieur; l'O. 2° S. pour le courant cirrostratus, et enfin l'O. 9° N. pour le courant cirrus.

La même loi paraît être applicable à la zone torride, dans la région où soufflent les moussons, c'est-à-dire que quand le chan-

gement des courants a lieu, le déplacement d'un courant par celui qui lui succède et qui vient d'un rumb opposé se produit simultanément dans toutes les couches de l'atmosphère. Le Gentil dit (Voyage, I, 485) que, pendant trois ou quatre semaines avant le changement de la mousson, les couches les plus élevées des nuages marchaient dans une direction contraire à celle de la mousson qui soufflait à la surface de la terre, et dans le sens de la mousson qui souffla après le changement.



LA LOI DES TEMPÊTES.



I. — LES TEMPÊTES DE LA ZONE TORRIDE ET LEUR ÉTENDUE DANS LES ZONES TEMPÉRÉES.

L'idée que toute diminution considérable dans la pression atmosphérique doit être le résultat d'une perturbation extraordinaire dans ce milieu s'offre naturellement à notre esprit ; aussi a-t-elle été admise depuis longtemps par ceux qui ont observé que le poids de l'atmosphère variait à différents moments. Otto de Guericke avait attaché une échelle à un baromètre à eau de son invention pour mesurer ces variations, et il cite dans le chapitre *xxi* des *Mirabilia Magdeburgica*, dans les *Technica Curiosa* de Schott, une observation remarquable. « En 1660 l'air devint si extraordinairement léger que le doigt de la petite figure indiquait un point au-dessous de la marque la plus basse sur le tube en verre. Lorsque je m'en aperçus, je dis aux personnes présentes que sans nul doute un ouragan violent soufflait quelque part. Deux heures s'étaient à peine écoulées qu'il éclatait sur l'Allemagne, quoique cependant avec moins de furie que sur l'Océan. » La tempête du 17 janvier 1818 offre un exemple plus récent du même fait ; en 1827, j'ai pu constater ses effets par les affreux ravages qu'elle fit dans les forêts de la Prusse Lithuanienne, dix ans environ après qu'on les avait ressentis, depuis la côte d'Angleterre jusqu'à Memel, ou sur un espace de 1,100 milles en longueur et de 190 milles en largeur. Le 18 janvier, à Königsberg, le baromètre baissa de 18^{mm}03 en huit heures, et entre le 3 et le 17 il était descendu en tout de 47^{mm}36. A Danzig, il baissa de 40^{mm}59 ; à Edin-

bourg également, où les effets de l'ouragan furent de ceux qui ne sont ordinairement produits que par les explosions électriques, la baisse du baromètre fut très-grande. De fait, l'observation de Otto de Guericke a été si grandement confirmée par l'expérience, pendant les deux siècles qui se sont écoulés depuis cette époque, que les échelles des baromètres en usage aujourd'hui se terminent ordinairement par le mot « tempête. »

La vérité de ces règles n'est pas limitée à la zone tempérée. Scoresby recommande instamment l'usage du baromètre aux marins qui vont pêcher la baleine sous les latitudes élevées. Une baisse du baromètre de $20^{\text{mm}}94$, le 5 avril 1819, par latitude $70^{\circ} 49' \text{ N.}$, longitude $72^{\circ} 35' \text{ O.}$, lui signala l'approche d'un ouragan qui sévit pendant plusieurs jours sans interruption et qu'il put ainsi éviter. On cite également plusieurs cas semblables dans la zone des vents alizés et dans celle des moussons, où une diminution inusitée de la pression atmosphérique précède les ouragans des Indes Occidentales et les typhons. Le 26 juillet 1825, on a observé le même fait lorsque la Basse-Terre (Guadeloupe) fut détruite par un ouragan, de la violence duquel on peut se faire une idée par le rapport du général Baudrant, rapport qui constate qu'il a renversé trois canons de vingt-quatre, et qu'une planche de $0^{\text{m}}939$ de long sur $0^{\text{m}}248$ de large et d'une épaisseur de 21 millimètres avait traversé un palmier de $0^{\text{m}}406$ d'épaisseur¹. Des conditions atmosphériques semblables ont accompagné une baisse du baromètre de $29^{\text{mm}}31$, à Saint-Thomas, le 29 septembre 1819. Le 2 août 1837, à quatre heures du soir, le capitaine du port de Puerto Rico signalait aux capitaines des navires

¹ Quelquefois des tourbillons de vent de la plus petite dimension produisent des effets mécaniques extraordinaires. Un de ces ouragans dont le diamètre n'était que de $\frac{1}{4}$ de mille ou de $\frac{1}{2}$ mille passa le 8 avril 1833 entre Calcutta et le Grand-Lac salé qui est à 5 milles environ dans l'E. de la ville. On le ressentit sur un espace de 16 milles en longueur, et dans l'intervalle de quatre heures, il tua 215 personnes, en blessa 225 et renversa 1,259 huttes de pêcheurs; il fit pénétrer un long bambou dans un mur de $1^{\text{m}}5$ d'épaisseur, de manière à le

sur rade qu'ils eussent à se disposer pour recevoir un ouragan, parce que le baromètre baissait considérablement. A huit heures du soir il était descendu à $751^{\text{mm}}86$; à onze heures à $744,21$, et enfin à $711,19$. La baisse avait été la même qu'à Saint-Thomas où il était descendu de $760,15$ à $712,72$ pendant le même ouragan. Toutes les précautions furent inutiles; pas un seul des 33 navires qui étaient à l'ancre ne put échapper au naufrage, car l'ouragan fut si violent que 250 maisons furent détruites à Saint-Barthélemy seulement. Les pertes à Saint-Thomas furent bien plus grandes encore, les épaves de 36 navires remplirent le port, et le fort qui est à l'entrée fut démoli comme s'il avait été bombardé. Dans cette circonstance aussi plusieurs canons de vingt-quatre furent renversés; une grande maison solidement construite fut arrachée de ses fondations et transportée au milieu de la rue, tandis que d'autres maisons furent complètement démolies. Nous lisons dans les « Annales maritimes » (II, 550) le compte rendu suivant de l'ouragan du 26 janvier 1825, à la Guadeloupe: « Cinq navires qui étaient à l'ancre sur la rade de la Basse-Terre disparurent, et deux des capitaines seulement furent sauvés; l'un d'eux, M. Mackeown, raconte que son brick, après avoir lutté contre une mer affreuse, fut enlevé par un tourbillon de vent, et « fit pour ainsi dire naufrage dans les airs. » Les phénomènes qui accompagnent les ouragans dans l'Océan Indien sont exactement semblables à ceux que nous venons de décrire. Dans la nuit du 28 février au 1^{er} mars 1818 le baromètre baissa à Maurice, pendant un ouragan, jusqu'à $712^{\text{mm}}81$ (réduit au niveau de la mer)¹. Il baissa presque autant pendant l'ouragan de mars 1836. Le 6, à cinq heures du matin, sa hauteur était de $760^{\text{mm}}21$ et à huit heures du matin, le 8, il était descendu à $717,00$. La force du vent pendant

traverser de part en part. L'éditeur de l'*India review* fait observer qu'un canon du six aurait à peine pu produire le même effet.

¹ Nous lisons dans ce rapport : « Jamais on ne l'avait vu aussi bas. Plusieurs personnes crurent que leur baromètre était dérangé, et celles qui ne pouvaient se méprendre sur la cause de cette dépression s'attendaient à une grande catastrophe. »

cet ouragan fut vraiment incroyable. Le théâtre qui avait la forme d'un T et dont le principal corps de bâtiment avait 25 mètres de long sur 10 mètres de large, fut arraché de la *façade*, le 1^{er} mars 1818, et porté à une distance de 1^m 5 loin de ses fondations.

Toutes les fois que deux phénomènes se produisent constamment ensemble, on peut avec quelque probabilité présumer qu'ils sont liés l'un à l'autre dans le rapport de la cause et de l'effet. Nous ne pouvons décider lequel des deux est la cause et lequel est l'effet, parce qu'il n'est pas impossible que tous les deux soient le résultat d'une troisième cause qu'il faut chercher dans un troisième ordre de phénomènes. Nous ne pouvons pas non plus décider immédiatement si, quand un des phénomènes est réellement le résultat immédiat de l'autre, le même résultat n'aurait pas pu être obtenu d'une manière différente.

On observe toujours des minima barométriques lorsqu'il y a une perturbation considérable dans l'atmosphère. Nous voyons cependant que le niveau de cet instrument est fréquemment très-bas dans le moment où les vents chauds du printemps semblent nous annoncer le passage du froid de l'hiver à une saison plus douce et plus agréable. Les observateurs ont beaucoup de peine à se convaincre que des brises si faibles puissent troubler l'équilibre de l'atmosphère autant que leurs instruments semblent l'indiquer, et ils attribuent conséquemment cette grande diminution de pression à d'autres causes. Il est très-naturel d'admettre qu'il existe un certain rapport entre les terribles convulsions produites à la surface du sol dans un tremblement de terre et les perturbations atmosphériques; aussi a-t-on assez généralement supposé que le baromètre peut annoncer de semblables catastrophes lorsqu'elles existent dans des lieux éloignés. Cette opinion semblerait être confirmée par ce fait que quatre jours après la destruction de Messine, dans l'année 1783, le baromètre baissa extraordinairement dans toute l'Europe. Van Swinden a cru pouvoir en conclure qu'il existait un rapport entre les deux phénomènes. Brandes a comparé les observations météorologiques qui ont été faites à cette époque, et qui ont été publiées dans les *Ephémérides* de Manheim; il a trouvé

que le 9 février la dépression du baromètre au-dessous du niveau moyen était de 32^{mm} 56 à Lyndon dans le comté de Rutland; de 30,45 à Amsterdam et à Franeker; de 28,75 à Dunkerque; de 28,19 à Middelbourg; de 27,63 à Paris; de 25,93 à Laon, Nantes et Cambrai; de 23,67 à Bruxelles, Chartres, Poitiers et la Rochelle; de 22,55 à Troyes et à Montmorency; de 20,30 à Götingue, Mayence, Metz, Limoges et Bordeaux; de 18,04 à Copenhague, Erfurt, Würzburg, Lyon, Mezières, dans la Guyenne et à Oléron; de 15,79 à Spydberga en Norvège, à Stockholm, Berlin, Vienne, Manheim, Genève et Vienne; de 13,53 à Sagan, Prague, Ratisbonne, sur le mont Saint-Gothard et à Montpellier; de 11,27 à Marseille et à Mont-Louis; de 9,04 à Bude et à Padoue; de 6,76 à Saint-Petersbourg, Mafra, Bo'ogne et Rome.

On voit par cet énoncé que le baromètre a été le plus bas en Angleterre et en Hollande, et que cette dépression a diminué graduellement à mesure que le point de l'observation s'approchait de l'Italie. Ce fait semblerait montrer que les phénomènes étaient, selon toute probabilité, indépendants l'un de l'autre.

Si des observations simultanées, semblables à celles que nous citons, suffisent pour prouver que lorsque deux phénomènes, entre lesquels on a supposé qu'il existait un rapport, se produisent simultanément, leur coïncidence n'est réellement qu'accidentelle, puisqu'ils sont entièrement indépendants l'un de l'autre, nous devons naturellement espérer que, en soumettant ces observations à un examen scrupuleux, nous pourrions connaître la vraie cause des phénomènes.

La veille de la Noël en 1821, après une longue série de mauvais temps, le baromètre descendit si bas en Europe que l'attention de tous les météorologistes fut appelée sur cette circonstance. Brandes demanda par la voie des journaux scientifiques que toutes les observations qui avaient été faites à cette époque lui fussent envoyées, et il publia le résumé de ses recherches dans les « Dissertations physiques sur les changements brusques qui ont été observés dans la pression atmo-

sphérique ¹. » Il arrive à conclure qu'une cause ² inconnue de diminution de pression avait passé sur la terre dans ce moment et que l'air s'était porté de tous les côtés vers le point où la pression était la plus faible. Conséquemment la tempête qui en était résultée avait été centripète (*vergere procellarum directionem ad idem illud centrum*) et avait eu pour origine l'effort de l'air environnant pour rétablir l'équilibre détruit à un point défini.

Déjà en 1820, Brandes avait cherché à établir ce système dans son histoire du temps pour l'année 1783, en comparant plusieurs minima barométriques comme ci-dessus. Mais ces exemples même sont remarquables par la faible coïncidence qu'on y observe entre les phénomènes et son système. Selon Toaldo, une de ces tempêtes, celle de la nuit du 11 mars, parcourt dans trois heures la distance de Naples à Venise. La distance est de 276 milles marins, ce qui donne une vitesse de 42 mètres par seconde. Dans ce cas, la convergence vers un point central de pression minimum en Suisse est si improbable, que Brandes lui-même est obligé de constater que le courant d'air qui s'était porté sur Venise avec une vitesse si extraordinaire avait engendré une espèce de tourbillon de vent d'une échelle prodigieuse, dans lequel l'air avait été de Marseille en Corse, pour (comme il ajoute avec raison) se réunir au courant principal dans ce dernier endroit. Brandes est forcé de convenir : « Que ce ne sont là que des suppositions; mais il est bien certain que, puisque le vent était Est à Copenhague et S. E. à Bude, il y avait eu une convergence tout autour du centre. » La

¹ *Dissertatio Physica de repentinis Variationibus in Pressione Atmosphææ observatis*. In-4^o, 1826.

² *Quæ autem causa fuerit pressionis tam valde imminutæ. utrum aer prope litora maris Atlantici omnino e medio sublatus fuerit, utrum Oceani fauces aperuerint, ut aerem haurirent, an imbres fulminum vi excitati massam ejus imminuerint, nemo est, qui dicere possit.* (Personne ne peut dire quelle fut la cause d'une si grande diminution de pression, soit qu'une masse d'air ait entièrement disparu dans le voisinage de la côte de l'Océan Atlantique, ou que l'Océan l'ait absorbée, ou que des orages produits par l'électricité aient diminué son volume.)

seule confirmation de ce fait c'est le vent de N. qu'on ressentit à Berlin ; de sorte que nous pouvons, avec la plus grande probabilité, admettre que les directions qui ont été données sont plutôt des tangentes aux cercles décrits autour du point central que des rayons allant vers ce point.

L'idée que je m'étais faite des variations atmosphériques moyennes était qu'elles devaient leur origine à la lutte de deux courants qui se déplaçaient alternativement l'un l'autre au point de l'observation. C'était une conséquence nécessaire de ce que les extrémités absolues de ces oscillations doivent provenir de la seule prédominance de chacun de ces courants. Conséquemment un minimum barométrique doit être un phénomène produit par le courant qui vient du S. ; si on l'observe à plusieurs stations simultanément, il représente le courant venant du S. lui-même ; considéré localement il paraît comme le passage d'une tempête dans le minimum de la rose des vents. Si deux minimum ont lieu en même temps, ce peut être un cyclone marchant dans la direction du courant venant du S., c'est-à-dire du S. O. vers le N. E. Pour établir ce système, j'ai examiné moi-même récemment les observations réunies par Brandes et autres, et j'ai prouvé dans une brochure sur les « Minimum Barométriques, » publiée en 1828 dans les *Annales de Poggendorff* (vol. xiii, p. 596), que tous ces faits peuvent être naturellement expliqués, en admettant qu'un ou plusieurs tourbillons de vent de grandes dimensions avaient marché du S. O. vers le N. E.

J'observai en même temps que dans la plupart des ouragans de l'hémisphère Sud que j'ai examinés, j'avais trouvé que la rotation du tourbillon de vent était dans une direction contraire à celle observée dans l'hémisphère Nord. Les cas que j'ai examinés à cette époque réfutent complètement la théorie de la convergence vers un centre. C'est pourquoi je reproduis ici le plus important des résultats appréciables en quantité que j'ai obtenu.

La table suivante montre la dépression du baromètre au-dessous de son niveau moyen à chaque station.

DOVE.

11

Le 25 décembre à 6 heures du soir.

	millim.		millim.
Brest.....	49,64	Prague.....	
Helston.....		Breslau....	15,79
Nantes.....	42,86	Christiania..	
Gosport.....	58,34	Würzburg....	19,10
Londres.....		Peissenberg..	17,80
Haarlem.....	53,85	Cracovie....	
Paris.....		Apenrade....	14,63
Dieppe.....	37,60	Abo.....	
Strasbourg...}		Turin.....	11,27
Genève.....	24,81	Modène.....	
Brême.....		Tilsit.....	6,76
Zürich.....		Saint-Petersbourg..	
Göttingue...}		Florence.....	7,86
Bergen.....	22,55	Rome.....	3,35
Joyeuse.....		Molfetta....	2,25
Augsbourg...}		Archangel..	
Ratisbonne..	20,30		
Leipsig.....	18,04		

Le 25 décembre à 3 heures du matin.

	millim.		millim.
Londres.....	49,67	Joyeuse.....	28,17
Dieppe.....	48,45	Ratisbonne..	
Gosport....}		Gotha.....	27,07
Boston.....	45,11	Leipsig....	
Helston.....	42,86	Prague.....	24,81
Paris.....	41,79	Breslau....	
Haarlem.....	40,69	Turin.....	20,30
Château de Kinfaun.....	39,43	Milan.....	18,74
Strasbourg...}		Cracovie....	
Ratisbonne..	37,21	Christiania..	17,89
Cologne.....	31,58	Abo.....	15,35
Göttingue...}		Florence....	
Heidelberg..	53,85	Rome.....	11,27
Genève.....		Tilsit.....	
Zürich.....		Molfetta....	6,76
Augsbourg...}		Saint-Petersbourg.....	5,61
Berlin.....	20,52	Archangel..	2,81
Bergen.....			

Le 25 décembre à 10 heures du matin.

	millim.		millim.
Middelbourg.....	51,88	Prague.....	29,52
Gosport.....	47,57	Breslau....	28,20
Haarlem.....	46,26	Joyeuse....	27,07
Londres.....	40,60	Inspruck...	25,95
Helaton.....	38,51	Peissenberg.....	24,81
Dieppe... }		Cracovie... }	21,45
Göttingue... }	36,99	Danzig }	18,04
Brême.....		Padoue	15,79
Paris.....		Christiania.....	15,65
Strasbourg... }	55,85	Florence	
Bergen.....		Tilsit.....	
Heidelberg... }		Rome	
Gotha.....	51,58	Molfetta ... }	
Leipsig.....		Abo.....	
Zürich.....		Saint-Petersbourg.....	6,76
Augsbourg... }	29,52	Archangel.....	2,81
Vienne.....			

Le 25 décembre à 8 heures du soir.

	millim.		millim.
Londres.....	38,51	Strasbourg }	27,07
Helaton... }	37,25	Berlin..... }	
Apenrade... }		Cracovie... }	
Haarlem... }	56,09	Turin.....	24,81
Bergen... }		Zürich..... }	
Brême.....	55,85	Augsbourg... }	
Dieppe.....		Padoue.....	23,70
Göttingue... }	51,58	Peissenberg }	22,55
Danzig.....		Prague.... }	20,50
Paris.....		Tilsit.....	18,04
Gotha.....		Florence.....	15,79
Breslau.....	29,52	Molfetta	9,02
Christiania... }		Saint-Petersbourg.....	2,81
		Archangel.....	

Si Brandes dans ce cas croit à une disparition absolue d'une grande masse d'air définie, et si Meissner, en parlant du maximum barométrique du 7 février 1821, suppose que l'air était développé en quantité considérable à quelque point inconnu, nous pouvons réfuter ces deux théories en faisant observer

que, pour tout maximum barométrique, il y a un minimum correspondant dans une contrée voisine et *vice versa*. Ainsi le 22 janvier 1850, le baromètre atteignait à Königsberg sa hauteur maximum ($22^{\text{mm}}55$ au-dessus du niveau moyen du mois), et le même jour on observait un minimum barométrique ($18^{\text{mm}}69$ au-dessous de son niveau moyen à Nord Salem) dans l'état de New-York, Rhode Island. Le 6 février 1850 le minimum ($45^{\text{mm}}58$ au-dessous du niveau moyen) à Christiania fut accompagné par un maximum ($21^{\text{mm}}18$ au-dessus du niveau moyen) à Cambridge, près de Boston; et le minimum ($41^{\text{mm}}18$ au-dessous du niveau moyen) à Upsala, du 1^{er} janvier 1855 par un maximum correspondant ($9^{\text{mm}}78$ au-dessus du niveau moyen) à Lisbonne. Nous examinerons ces différents exemples plus loin.

La théorie de l'absorption n'est pas confirmée par les directions observées du vent.

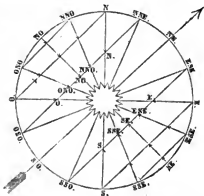
Si une convergence vers un tel point avait eu lieu, nous devrions trouver qu'il y avait équilibre entre les molécules d'air le long d'une ligne d'égale diminution de pression, et les routes du vent seraient toutes normales à cette ligne. Dans l'hypothèse que les phénomènes sont les résultats d'un mouvement de rotation, les routes du vent devront correspondre aux lignes d'égale diminution de pression, et conséquemment elles seront à angles droits avec les directions données par la théorie de l'absorption.

Les observations qui ont été citées montrent que le minimum a marché des côtes de France vers la pointe S. O. de la Norvège, ou mieux des environs de Brest au cap Lindesnäs. Nous pouvons donc déterminer exactement le rapport qui existe entre les directions du vent et ce minimum qui s'est dirigé comme nous l'avons décrit; soit qu'elles convergent vers lui ou qu'elles soient tangentes aux cercles qui ont pour centre commun le point minimum de pression, et qu'elles avancent graduellement avec lui. Il suffit pour trouver ce rapport de porter sur quatre cartes la position du minimum aux quatre périodes citées (soit le 24, six heures du soir, trois heures du matin, dix heures du matin, et le 25 décembre, huit heures du soir), et de tracer sur ces cartes les directions du vent ob-

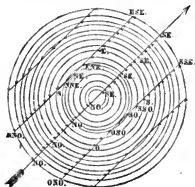
servées simultanément aux différentes stations. Si nous trouvons que les flèches ainsi tracées sur les cartes représentent les tangentes aux cercles concentriques, nous pouvons admettre réciproquement que les cercles existaient effectivement, et ensuite comparer les directions obtenues dans cette hypothèse avec celles données par les observations.

La route du minimum est de Brest au cap Lindesnäs ; de sorte que nous trouverons la France, l'Italie, l'Allemagne, le Danemark et la Russie au côté S. E. de la route de la tempête ; l'Irlande, l'Ecosse et l'Islande au côté N. O. ; et l'Angleterre presque au centre.

S'il y a eu une convergence centripète, le passage de la tempête, à une station située au S. E. de la route, aura produit une rotation régulière de l'E. N. E. par l'E., E. S. E., S. E., S. S. E., S., vers le S. S. O. ; et son passage, à une station située au N. O. de la route, une rotation du N. N. E., par le N., N. N. O., N. O., O. N. O., O., vers l'O. S. O.



Si la tempête était un cyclone, tournant dans une direction contraire à celle des aiguilles d'une montre, le vent aura tourné au côté S. E., du S. S. E., par le S., S. S. O., S. O., O. S. O., O., vers l'O. N. O. ; et au côté N. O., de l'E. S. E., par l'E., E. N. E., N. E., N. N. E., N., vers le N. N. O.



Aux stations situées sur la route de la tempête, le vent aura changé

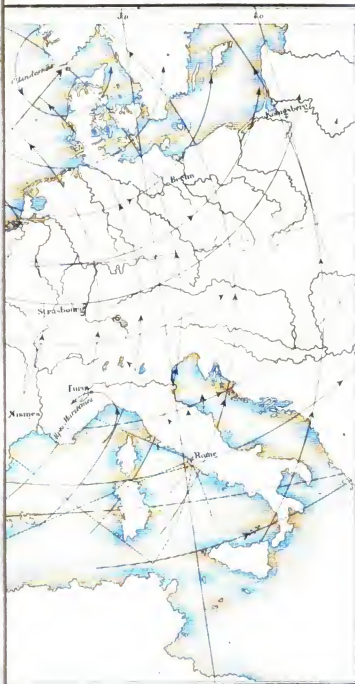
brusquement du N. E. au S. O. selon la première théorie ; du S. E. au N. O. selon la seconde.

D'après chacun de ces systèmes, nous devions nous attendre à voir le vent tourner *avec* le soleil au côté S. E., et *contre* le soleil au côté N. O. de la route de la tempête ; et dans les deux cas, il devait y avoir au centre un intervalle de calme suivi par une saute brusque du vent au rumb opposé. La différence entre les deux devait être que le commencement et la fin de la rotation auront été à une distance de 90 degrés dans l'un des cas, de ce qu'ils auraient été dans l'autre.

Toutes les observations tirées des ouvrages que nous avons cités confirment entièrement la seconde théorie, et réfutent complètement la première. Le changement du vent n'a commencé dans aucun cas au N.N.E., N., ou N.N.O., pour finir à l'O.S.O., O., ou O.N.O. ; au contraire, il a commencé partout à l'E.S.E. et au S.E. pour finir au S. O. et à l'Ouest. Il en a été ainsi généralement pour l'Allemagne, l'Italie, le Danemark et la Russie. En Angleterre, le vent était E., pas N. avant le minimum. En France il était généralement S. O. En Islande il a été d'abord N. E., puis N., précisément la direction qu'on devait trouver à cette station éloignée dans l'hypothèse d'un mouvement circulaire.

Dans le compte rendu de cette tempête que j'ai publié pour la première fois en 1828, dans le treizième volume des *Annales de Poggendorff*, et où mon but était d'établir seulement les faits d'une manière empirique, sans entrer dans aucune considération théorique ; et dans mes « *Recherches météorologiques* » (1837), j'ai figuré les directions du vent par des flèches barbelées et les changements de vent par des flèches pleines. Avant la production du minimum, le changement du vent à toutes les stations situées le long d'une ligne perpendiculaire à la route de la tempête était du S. E. vers le S. O. ; au moment du minimum le vent était S. O. ; après le minimum, le changement de vent était du S. O. au N. O. Dans l'angle N. O.

¹ *Meteorologischen unternehmungen*, 1837.



de la figure, une flèche dirigée du N. E. au S. O. donne ce que j'appelle la « direction probable du courant dans l'Amérique du Nord. » Si nous remplaçons ces flèches par des tangentes au cercle, nous obtenons au côté droit le S. O. avant le minimum, et le N. O. après lui ; et au côté gauche le S. E. avant le minimum et le N. E. après. Ce qui indique un cyclone tournant dans une direction S. E. N. O., en sens inverse de la marche des aiguilles d'une montre. Conformément à l'usage généralement adopté maintenant, j'ai remplacé cette méthode purement empirique par un cercle.

J'ai figuré ce cyclone sur la carte N° 1 depuis le commencement jusqu'à la fin de sa route, telle qu'elle résulte des observations, afin qu'on puisse les comparer facilement avec les considérations de la théorie. J'ai supposé que les endroits où le cyclone rencontre les montagnes de l'Espagne et les Alpes étaient les centres de nouveaux cyclones. Les résultats des observations donnent pour la direction du vent :

1. Au côté N. O. de la tempête :

A Naes, en Islande N. E., N.

2. Près du centre :

A Helston, E., minimum O.

Londres, S. E., minimum N. O.

Owen's Row, près Islington, S. E., minimum N. O.

Cambridge, S. E., minimum O.

New Malton, tempête venant du S.

3. Au côté S. E. de la tempête :

Boulogne-sur-Mer, S. S. E., S., E. N. E., min., O. N. O.

Paris, S., minimum O. S. O.

Joyeuse, une tempête du S., minimum S.

Nîmes, S., minimum S. O., N. O.

Vivarais, S. E., minimum S. E.

Strasbourg S. E., E., minimum S.

Haarlem, S. E., E. S. E., S. S. E., min., S. S. O., S. O.	
Schwelm, S., minimum S. O.	
Cologne, S. S. E., S. E., minimum S., O. S. O., S. O.	
Coblentz, S. O., minimum S., S. O.	
Salzullen, S. E., minimum S.	
Vetzlar, S. S. E., minimum S. S. O., S. O.	
Minden, S. E., minimum S.	
Carlsruhe, S., minimum S. O.	
Göttingue, S. E., S. S. E., minimum S. O.	
Ratisbonne, E., minimum S. E.	
Augsbourg, S. O., minimum O.	
Quedlinbourg, E., minimum S. O.	
Zellerfeld, S., minimum O.	
Leipzig, S. O., minimum S.	} Influence perturbatrice des montagnes situées dans le S.
Zschoppau, minimum avec S. O.	
Aunaberg, S. E., minimum S. O., O.	
Prague, O., minimum S. O., O.	
Breslau, S. O., minimum S.	
Leobschütz, S.	
Danzig, S., minimum S.	
Königsberg, S. E., minimum O.	
Tilsit, S. O., S. E., minimum O.	
Saint-Petersbourg, S. E., E., S. E., S. S. E., minimum.	
Archangel, S. E., minimum S.	
Genève, S. E., minimum.	
Zurich, E., minimum S. E., O.	
Saint-Gall, S. E., S. S. E., minimum S. E.	

4. Cyclones modifiés par les pentes Sud des Alpes :

Turin, O., S. O., minimum E., N. E.
Milan, O., S. O., minimum O., S. E.
Pavie, S. E., minimum S. O.
Modène, S. E., minimum S. O., O.
Padoue, O., S., minimum N.
Florence, S., S. S. O., minimum S. O.
Rome, S. S. E., S., minimum S. S. E., S., S. S. O.
Molfetta, S. E., S., minimum S. S. O.

C'est le premier exemple que j'ai examiné; toutes les stations continentales s'y trouvent au S. E. de la route de l'ouragan dans sa marche du S. O. au N. E. A cette époque je n'avais pas encore en connaissance des observations faites à Naes en Islande; aussi je dis que le vent de N. E. dans l'Amérique du Nord, qui était une conséquence de mes considérations théoriques, était une direction *probable* seulement. Presque aussitôt après, j'observai à Königsberg une rotation rétrograde. J'en parle dans une notice à laquelle j'ai renvoyé (p. 613) et où je dis : « Le 1^{er} novembre 1827, après un minimum de 736^{mm}26, le 2 et le 3, tandis que le baromètre montait, le vent tournait vers le N. E. par l'E.; le même jour il y avait dans la mer du Nord un ouragan du N. qui aurait pu être prévu par le fait de la rotation exceptionnelle signalée à Königsberg. »

Les deux théories que nous avons opposées l'une à l'autre ont eu de nombreux défenseurs dans ces dernières années. D'un côté M. Redfield, après une étude très-consciencieuse des phénomènes qui accompagnent les ouragans si fréquents sur les côtes des Etats-Unis, était arrivé exactement aux mêmes conclusions que moi en Europe; de l'autre, M. Espy, de Philadelphie, se faisait le champion du système préconisé par Brandes. La tornade du 19 juin 1835, dans le Nouveau-Brunswick, conduisit M. Espy à admettre l'existence des tempêtes centripètes. Après cette tempête, MM. Bache¹ et Espy examinèrent les directions des arbres qui avaient été renversés dans un bois sur lequel elle avait passé, et ils constatèrent que tous étaient couchés avec la tête dirigée vers un point central. Ceux de l'O. étaient tombés vers l'E.; ceux du N. vers le S.; ceux de l'E. vers l'O., et ceux du S. vers le Nord. Contrairement à ces faits, Lewis Back qui avait vu l'ouragan soutient que c'était un véritable tourbillon de vent; et il assure qu'il est impossible de le nier si l'observateur n'est pas influencé par quelque autre

¹ *Notes and Diagrams illustrative of the Directions of the Forces acting at and near the surface of the Earth in different parts of the Brunswick Tornado of June 19, 1835.*

théorie préconçue. Piddington ¹ dit qu'il est impossible de juger exactement de la direction du vent à terre, à moins que l'on ne soit dans une grande plaine ou sur des îles basses. On lit dans son *Hornbook* (p. 25) : « Il me semble, comme marin, que c'est un non-sens de vouloir se servir d'observations du vent faites à terre pour établir une théorie qui aurait pour base la direction des vents pendant de courtes périodes et dans les ouragans. » Espy attribue la convergence des courants vers un centre à la chaleur latente qui se dégage par la condensation de la vapeur aqueuse contenue dans un nuage, et on sait que l'air qui tenait cette vapeur en suspension est dilaté six fois autant qu'il perd de son volume pendant qu'elle est condensée. D'après cette idée, l'air monte avec une vitesse de 110 mètres par seconde, et au niveau où gisent les nuages de grêle il exerce encore une pression de 55 kilogr. par 0^m31 carrés. Une telle force serait suffisante pour enlever un bloc cube de glace de 45 millimètres de côté ou même pour enlever un éléphant ². M. Espy a expliqué son système plus complètement dans des ouvrages publiés en 1841 ³ et 1857 ⁴, auxquels nous renverrons le lecteur. Les ouvrages de M. Redfield dont j'ai eu connaissance sont :

Remarks on the prevailing Storms of the Atlantic Coast. Journal américain de Silliman, 20, N° 1. — *Hurricane of August 1831* (à l'éditeur du journal du Commerce). *Observations on the Hurricanes and Storms of the West Indies and the Coast of the United States* (Blunt's American Coast Pilot, 12^e édit.). *On the Gales and Hurricanes of the Western Atlantic.* Journal de Silliman, 31, N° 1. — *Meteorological Sketches by an Observer.* Journal de Silliman, 33, N° 1. —

¹ Piddington *Sailors' Hornbook for the Law of Storms.* In-8°, 3^e édition. Londres, Williams et Norgate, 1860.

² *Theorie of Rain, Hail, and Snow, Water-spouts, Land-spouts, Variable Winds and Barometric Fluctuations.* Philadelphie, 1836, in-8°; et *Examinations of Hutton's, Redfield's and Olmsted's Theories.*

³ *The Philosophy of Storms.* Londres, 1841, in-8°.

⁴ *Message from the President of the United States communicating the Fourth Meteorological Report.* Washington, 1857, in-4°.

Remarks on M. Espy's Theory of Centripetal Storms, including a Refutation of his Positions relative to the Storm of September 3, 1821; with some Notices of the Fallacies which appear in his Examinations of other Storms. (Journal de l'institut de Franklin.) — *On the Courses of Hurricanes, with Notices of the Typhoons of the China Sea, and other Storms.* Journal de Silliman, 35, Nov. — *The Law of Storms.* New York Observer, January 18, 1840. — *Whirlwinds excited by Fires, with farther Notices of the Typhoons of the China Sea.* Journal de Silliman, 36, n° 1. — *On Whirlwind Storms, with Replies to the Objections and Strictures of Dr. Hare.* New York, 1842, in-8°, 65 pp. — *Notice of Dr. Hare's Strictures on Prof. Dove's Essay on the Law of Storms* (En réponse aux *Objections to M. Redfield's Theory of Storms, and Strictures on Prof. Dove's Essay on the Law of Storms, de Robert Hare.*) — *On the First Hurricane of September 1853 in the Atlantic, with a Chart, and Notices of other Storms.* — *On Three several Hurricanes of the Atlantic, and their Relations to the Northern of Mexico and Central America; with Notices of other Storms.* New Haven, 1846, 118 pages. — *Observations relative to the Cyclones of the Western Pacific, 1857.*

On trouvera une liste complète des ouvrages de Redfield dans Olmsted, *Adress on the Scientific Life and Labours of William C. Redfield*, New Haven, 1857, in-8°.

Les documents réunis avec un si grand soin par M. Redfield ont été grandement augmentés par la publication d'un magnifique ouvrage¹ sur ce sujet de feu le Major Général Reid qui était alors gouverneur des Bermudes. Cet auteur était arrivé

¹ *An Attempt to develop the Law of Storms by means of Facts arranged according to Place and Time, and hence to point out a Cause for the Variable Winds, with the view to practical use in Navigation, avec cartes et gravures sur bois*, Londres, William Reid, 1838, in-8°. — *The Progress of the Developement of the Law of Storms and of the Variable Winds, with the practical application of the subject to Navigation.* Londres, 1849, in-8°, 424 pages.

exactement aux mêmes résultats que M. Redfield ; et tous deux se sont trouvés d'accord avec moi sans avoir eu connaissance de mes précédentes publications, ainsi que j'ai pu m'en convaincre par ma correspondance particulière avec eux. Les ouvrages de Redfield et de Reid, en outre qu'ils confirment la théorie du mouvement rotatoire, contiennent quelques observations très-importantes, que ces auteurs ont le mérite d'avoir signalées les premiers. La plus importante de ces découvertes, celle de la marche du cyclone du S. E. au N. O., dans la zone torride avant qu'il change de route à la limite extérieure de l'alizé, est due à M. Redfield seul. De fait, la position d'un observateur en Amérique est particulièrement favorable à la solution de cette partie du problème, puisque les ouragans qui côtoient les rivages des États-Unis passent dans la partie tropicale de leur route sur les îles des Indes Occidentales, où leur nature extraordinaire leur a fait donner le nom « d'ouragans des Indes Occidentales. » Quant aux cyclones que l'on ressent dans l'Europe centrale, il est rarement possible de connaître la partie tropicale de leur route ; et ceci nous prouve suffisamment que plus l'espace embrassé par nos observations sera étendu, plus nous pourrons éviter de porter un faux jugement dans l'examen de ces phénomènes naturels. De même que dans la science astronomique la latitude géographique d'un observatoire exerce une influence importante sur la solution d'un problème, de même, dans la science météorologique, il est également important de connaître la position de la station où l'on cherche à résoudre un problème. Je vais essayer maintenant de comparer les observations de Redfield et de Reid avec la théorie du mouvement de rotation. Lorsque je publiai mon premier ouvrage sur les vents, j'étais disposé à baser la Loi de Giration aussi bien que le mouvement circulaire des tempêtes sur la lutte de deux courants d'air qui se déplaçaient alternativement l'un l'autre dans une direction latérale. Un examen plus attentif des phénomènes m'a montré que la Loi de Giration dépendait de principes plus généraux, et qu'elle était une conséquence simple et nécessaire du mouvement de la terre sur son

axe¹. Cette généralisation du principe de la théorie des vents alizés d'Hadley explique parfaitement toutes les règles qui ont été démontrées pour les oscillations non périodiques des instruments, et nous permet de préjuger ce qu'elles doivent être dans l'hémisphère Sud. Je n'expliquai pas cependant le mouvement circulaire des tempêtes; idée à laquelle j'avais dans le principe attribué une trop grande étendue, dans l'introduction à mes premières recherches (Ann. de Pogg. xiii, p. 597), e où je dis « qu'en général toutes les tempêtes sont tournantes et que ce fait qui est certain sera confirmé par tous les marins. » Je commettais une erreur dans laquelle sont tombés tous ceux qui ont fait des recherches sur les tempêtes et qui consiste à attribuer toutes les rotations de la girouette que l'on peut observer à des mouvements cycloniques. Je fus donc forcé de conserver ma première explication théorique dans mes *Meteorologischen Untersuchungen* (1837), ouvrage dans lequel j'ai réuni toutes les notes que j'avais publiées jusqu'à cette époque. La raison en était que les faits empiriques avaient été entièrement confirmés, tandis que leur rapport avec le principe de la théorie générale n'était pas du tout aussi évident. Je n'ai pu remplir cette lacune que dernièrement² en prouvant qu'il se produisait un mouvement cyclonique toutes les fois qu'un obstacle quelconque s'opposait au changement régulier de la direction du vent, qui est dû à la rotation de la terre, et conséquemment contrariait la rotation régulière de la girouette à une station quelconque. Au moyen des recherches de Redfield et de Reid, nous pouvons établir les faits ci-après.

1. Les tempêtes qui éclatent dans la zone torride conservent la direction première de leur route (soit du S. E. au N. O.) invariable, aussi longtemps qu'elles restent dans cette zone; mais aussitôt qu'elles entrent dans la zone tempérée, elles tournent et marchent du S. O. au N. E., presque à angle droit

¹ Ueber den Einfluss der Drehung der Erde auf die Strömungen ihrer Atmosphäre. Ann. de Pogg. xxxvi, p. 321, 4853.

² Rapport à l'Académie des sciences de Berlin, 1840, p. 252, Ann. Pogg. lvi, p. 1.

avec leur première direction. Les tempêtes correspondantes dans l'hémisphère Sud qui marchent du N. E. au S. O. entre les tropiques, commencent à changer de direction par analogie avec celles ci-dessus, lorsqu'elles entrent dans la zone tempérée, et se dirigent du N. O. au S. E.

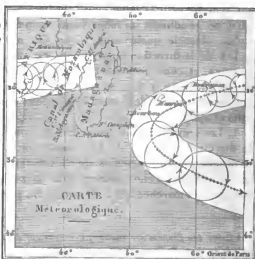
2. Le diamètre du cyclone qui augmente très-lentement dans la zone torride s'agrandit considérablement aussitôt que sa route change de direction.

Les deux cartes ci-jointes que nous empruntons à l'ouvrage du Major Général Reid, et dont nous avons diminué l'échelle, montrent comment ce phénomène se présente dans les deux hémisphères. Elles représentent l'ouragan qui a éclaté dans les Indes Occidentales au milieu

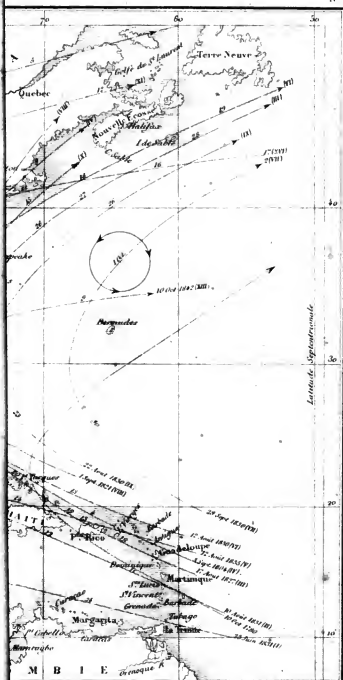
CARTE N° 2.



CARTE N° 3.



ouragan qui a éclaté dans les Indes Occidentales au milieu



Parce Loh P. Bayard



d'août 1837 (carte N° 2), et la tempête de Maurice du mois de mars 1809 (carte N° 3).

Pour donner une idée plus complète de la route suivie par les ouragans, nous avons ajouté à ces deux dessins une carte construite par Redfield, et sur laquelle il a tracé la route de plusieurs de ces tempêtes (carte N° 4).

Deux de ces tempêtes ne sont pas sorties de la zone torride, et ont conséquemment suivi une route en ligne droite. L'une a éclaté le 23 juiu 1831, et a marché de la Trinidad, par Tobago, les Grenades et le milieu du Yutacan jusqu'aux environs de la Vera Cruz; l'autre a éclaté le 12 août 1835 et a été d'Antigue, par Nevis, Saint-Thomas, Sainte-Croix, Puerto-Rico, Haïti et Matañzas à Cuba, au Texas.

Huit de ces tempêtes sont sorties de la zone torride et leur route est décrite ci-après :

Celle qui a dévasté les Barbades dans la nuit du 10 août 1831 atteignit Puerto-Rico le 12, aux Cayes et Santiago de Cuba le 13, Matañzas le 14, les Tortugas le 15, le golfe du Mexique le 16, et enfin Mobile, Pensacola et la Nouvelle-Orléans le 17; de sorte qu'elle a traversé un espace de 2,000 milles marins dans 150 heures environ, et conséquemment avec une vitesse de 13 milles $\frac{1}{3}$ par heure. Sa direction entre les tropiques a été le N. 64° O.

La tempête qui a commencé dans les environs de la Martinique le 17 août 1827 a atteint Saint-Martin et Saint-Thomas le 18; elle a passé au N. E. de Haïti le 19, atteint les îles Turques le 20, les Bahamas le 21 et le 22, la côte de la Floride et la Caroline du Sud le 23 et le 24, le cap Hatteras le 25, la Delaware le 26, Nantucket le 27, l'île de Sable et le banc Porpoise le 28. Elle avait donc parcouru environ 3,000 milles marins en onze jours. Sa direction en dedans des tropiques avait été le N. 61° O., et en dehors par 40° latitude N., le N. 58° E.

La tempête qui a commencé dans les environs de la Guadeloupe le 3 décembre 1804 atteignit les îles Vierges et Puerto-Rico le 4, les îles Turques le 5, les Bahamas et le golfe de Floride le 6, la côte de la Georgie, les Carolines Nord et Sud le 7, la baie Chesapeake, l'embouchure de la Delaware et les États adjacents, Virginie, Maryland et New Jersey le 8, le Massachussetts, le New Hampshire et le Maine le 9. Elle a

marché avec une vitesse considérable, puisque pendant sa course curviligne depuis les îles Sous-le-Vent sa vitesse a été de 2,200 milles marins en six jours ; soit une vitesse de 15 milles $\frac{1}{2}$ à l'heure.

La tempête qui a passé près des îles Sous-le-Vent en août 1830 a atteint Saint Thomas le 12 ; elle était dans le voisinage des îles Turques le 13, aux Bahamas le 14, dans le golfe et sur la côte des Florides le 15, le long de la côte de la Georgie et des Carolines le 16, le 17 sur celles de la Virginie, Maryland, New Jersey et New York. au banc George et au cap de Sable le 18, et le 19 au banc Porpoise et sur ceux de Terre-Neuve. Sa marche a été par conséquent de 18 milles marins à l'heure. Si nous supposons que la vitesse réelle du vent dans son mouvement circulaire est cinq fois plus grande que celle avec laquelle le cyclone marche, nous trouverons que l'air aura parcouru 18,000 milles marins environ dans sept jours.

L'ouragan le plus Est a été celui du 29 septembre 1830. Il commença au N. des Barbades par 20 degrés de latitude, se recourba vers le N. par 70° O. et 30° N., et passa à l'O. des Bermudes, vers l'extrémité Est du banc de Terre-Neuve qu'il atteignit le 2 octobre.

Un ouragan très-violent, mais de plus petites dimensions, fut celui qui commença aux îles Turques le 1^{er} septembre 1821 ; il était au N. des Bahamas le 2, sur la côte des Carolines au commencement du 3, et vers la fin du même jour sur la côte de New York et de Long Island, tandis que la nuit suivante, il prolongeait les États du Connecticut, Massachusetts, New Hampshire et Maine, parcourant ainsi 1,800 milles marins en 60 heures. Sa vitesse moyenne avait été conséquemment de 30 milles par heure.

L'ouragan du 28 septembre 1838 fut tout à fait semblable au dernier. Celui du 22 août, au contraire, marcha très-lentement ; il commença au N. de Puerto-Rico par 22° N., et marchant dans une direction parallèle à la côte de l'Amérique du Nord, il n'atteignit le banc de Terre-Neuve que le 27.

Quelquefois les ouragans n'atteignent toute leur intensité que lorsqu'ils entrent dans la zone tempérée, et dans ce cas particulier nous pouvons avoir des renseignements exacts sur

cette partie de leur route. L'ouragan du 10 novembre 1835 fut de cette espèce; ce fut le plus Nord de tous, et il passa sur le lac Erié, le lac Ontario et l'île du Prince-Edouard dans le golfe Saint-Laurent ¹.

On a observé en outre qu'en général la vitesse de la marche du centre augmentait aussitôt que l'ouragan changeait de route à la limite de la zone torride. Nous en donnerons la raison lorsque nous discuterons l'origine des tempêtes. Ainsi l'ouragan du 30 août 1833 parcourut 7,276 milles anglais dans 12 jours environ, distance qui donne une vitesse moyenne de marche de 26 milles par heure; et après qu'il eut passé sur le banc de Terre-Neuve, sa vitesse augmenta à 50 milles à l'heure.

Quant aux époques où ces ouragans sont les plus fréquents, nous trouvons dans Poey ² les proportions suivantes pour 365 ouragans.

<i>Nombre des ouragans.</i>		<i>Nombre des ouragans.</i>	
En janvier.....	5	Juillet.....	42
Février.....	7	Août.....	96
Mars.....	11	Septembre.....	80
Avril.....	6	Octobre.....	69
Mai.....	5	Novembre.....	17
Juin.....	10	Décembre.....	7

¹ Puisque la direction de la route d'un cyclone est tout à fait distincte de celle du vent dans son mouvement rotatoire à un point quelconque, il est facile de voir que des observations purement locales peuvent conduire un observateur à donner des conclusions inexactes. Ainsi Raynal dans son « Histoire philosophique et politique des Deux Indes », vol. V, page 72, dit que les observateurs les plus consciencieux sont arrivés à conclure que les tempêtes qui ont ravagé de temps en temps les îles des Indes Occidentales n'ont pu venir que du N. O., et il en donne pour raison qu'elles ont dû souffler des montagnes de Saint-Marthe. — La direction donnée ci-dessus indique seulement que ces îles se trouvent au côté Sud des cyclones qui marchent de l'E. à l'O., tournant dans une direction contraire à la marche des aiguilles d'une montre, et d'accord en cela avec les observations que nous avons citées ci-dessus. Dans le titre du sixième volume de cet ouvrage, il y a un dessin très-curieux d'un ouragan des Indes Occidentales.

² Table chronologique des ouragans qui ont sévi dans les Indes Occidentales et dans l'océan Atlantique Nord de 1493 à 1833. Cet ouvrage contient une liste de 470 auteurs, livres et publications périodiques dans lesquels on trouve de nombreux renseignements sur les ouragans des Indes Occidentales et Orientales. Dépôt de la marine, n° 348, in-8°, 1862.

Il est évident d'après ce tableau que les ouragans sont plus fréquents en août et septembre.

Nous trouvons dans le *Bombay Times* du 28 novembre 1854, la table suivante qui répartit pendant les différents mois de l'année les 85 ouragans qui ont été observés entre l'équateur et 34° N.

Janvier.....	1	Mai.....	14	Septembre.....	11
Février.....	2	Juin.....	6	Octobre.....	17
Mars.....	4	Juillet.....	3	Novembre.....	11
Avril.....	9	Août.....	5	Décembre.....	5

Ce tableau nous montre que les maxima ont lieu pendant les mois où les moussons changent et qu'on observe le maximum absolu à l'époque du changement de la mousson du S. O. en mousson du N. E.

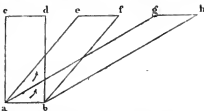
Quant à la vitesse de la marche des tempêtes, il paraît qu'elle est quelquefois si lente dans les typhons, que Capper¹ semble les avoir considérés comme étant stationnaires et non progressifs. L'exemple le plus remarquable de lenteur dans la marche d'un cyclone est celui cité par Piddington dans son treizième « Mémoire sur la loi des tempêtes » où il parle de l'ouragan du *Charles Heddles*, qui éclata à Maurice du 22 au 27 février 1845. Sa marche pendant chacun de ces cinq jours fut de 70, 100, 115, 89 et 85 milles anglais ; ce qui donne une vitesse moyenne de 92 milles par jour ou de $\frac{3}{8}$ de mille par heure ; tandis que le navire, à une distance de 50 milles environ du centre, tournait autour du cyclone avec une vitesse telle qu'il parcourut 1,300 milles, et qu'il se trouva après les cinq jours à une distance de 354 milles seulement du port d'où il était parti, comme si l'ouragan avait fait cinq révolutions complètes avec lui. C'est, comme le dit Piddington, un véritable roman maritime, ou, pour parler en vrai musulman, cela n'a pu arriver que par la volonté du prophète.

En 1840, j'ai essayé d'expliquer l'origine de ces phénomènes dans les termes suivants² :

¹ *Observations on the Winds and Monsoons*. Londres, 1801.

² *Berichte der Berliner Akademie*, 1840, p. 232, Ann. de Pogg., LII, p. 1.

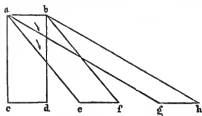
Supposons que $a b$ représente dans l'hémisphère Nord une série de points matériels parallèles à l'équateur, et qui sont mis en mouvement par une cause quelconque vers le pôle dans la direction $a c$. Si le vide existait dans l'espace $d b h$, ces points marcheraient vers $g h$, puisqu'ils passent de cercles de latitude plus grands vers d'autres plus petits. Mais si l'espace $d b h$ contient de l'air qui n'a pas été mis en mouvement dans la même direction, les molécules de b en mar-



chant vers d seront constamment en contact dans cet espace avec des molécules d'air qui tournent avec une vitesse moindre que celle qu'elles ont elles-mêmes, et conséquemment leur vitesse de progression vers l'E. sera diminuée. Il en résultera que le point b marchera vers f , au lieu d'aller vers h . Les molécules en a sont influencées différemment parce qu'elles sont en contact, dans la direction de b , avec des molécules qui avaient originellement une vitesse de rotation égale à la leur, et conséquemment leur mouvement se fait comme dans le vide, c'est-à-dire qu'elles marchent vers g . Il résulte de là que si $a b$ est une masse d'air marchant du S. au N., la direction du mouvement de l'air au côté Est de la masse se rapprochera beaucoup plus de la direction Nord que celle de l'air qui est au côté Ouest, où elle se rapprochera plus de l'O., et l'effet de cette différence sera d'engendrer une tendance à un mouvement cyclonique dans la direction S., E., N., O. Une pareille tendance ne pourrait exister si l'espace $d b h$ ne contient pas un milieu résistant, et en conséquence elle augmentera en raison de la résistance opposée à la force qui tend à dévier le vent vers l'Ouest. Il en résulte que l'onragan tournera avec une vitesse d'autant plus grande que sa route s'écartera moins de la direction première qu'il suivait lorsqu'il a commencé (c'est-à-dire vers c). Dans la zone des vents alizés, l'espace $d b h$ est rempli d'air qui se meut du N. E. au S. O. Dans ce cas, la plus grande résistance possible sera opposée au mouvement

de la masse ab , et il pourra arriver que les molécules en b soient si grandement empêchées de prendre la direction $O.$, qu'elles marchent effectivement vers d , tandis que les molécules en a tendent à se mouvoir vers g . Conséquemment dans cette zone, la violence du mouvement rotatoire sera la plus grande, mais le cyclone avancera en ligne droite et son diamètre n'augmentera pas. Aussitôt que cet ouragan entre dans la zone tempérée, les circonstances sont modifiées, l'espace $d b h$ est rempli par l'air qui est déjà en mouvement du S. O. vers le N. E. La résistance éprouvée par les molécules en b acquiert une diminution subite et considérable ou même disparaît entièrement; la direction du mouvement le long de $b d$ est changée en une autre le long de $b h$, de sorte que la route du cyclone change presque à angle droit avec celle qu'il avait avant; et son diamètre augmente rapidement à cause de la disparition des obstacles qui produisaient une différence entre les mouvements des molécules en a et en b .

L'explication de l'origine des cyclones de l'hémisphère Sud est basée sur les mêmes principes, comme on peut le voir par la figure ci-contre. La direction de la rotation du cyclone est l'inverse de celle de l'hémisphère Nord, et le changement de direction de sa route au sortir de la zone torride est analogue.



L'explication qui précède de l'origine du mouvement circulaire n'est applicable qu'aux cas dans lesquels de grandes masses d'air d'une étendue latérale considérable sont mises en mouvement. Les tourbillons plus petits (trombes), les trombes marines, etc., proviennent d'autres causes, et il est probable que leurs mouvements ne sont pas plus souvent conformes que contraires à une loi : ainsi, le général Reid a observé de l'hôtel du gouvernement aux Berinudes une trombe d'eau qui tournait dans une direction contraire à celle des grands cyclones, tandis que M. Redfield a observé une petite tornade qui tournait

dans le même sens que les cyclones. Les observations d'Akin, à Green Bush, près d'Albany; de Dwight, à Stockbridge, Massachussets et du Dr Cowles, à Amherst, sur les tourbillons violents qui s'élèvent pendant l'incendie des forêts, quand l'air est calme, prouvent qu'un « courant ascendant » d'une grande puissance peut engendrer un mouvement de rotation dans l'air environnant.

Les ouragans des Indes Occidentales naissent à la limite intérieure de la zone des vents alizés, soit dans la région des calmes, où l'air monte et se répand dans les couches supérieures de l'atmosphère et dans une direction contraire à celle du vent alizé; il est probable, d'après cela, que la cause première des cyclones est l'intrusion d'une partie de ce courant supérieur dans celui qui est en dessous. On pourrait peut-être expliquer par les considérations suivantes pourquoi le cyclone marche du S. E. vers le N. O. au commencement de sa route. D'après l'explication théorique que j'ai donnée de leur origine, une direction semblable à celle décrite sera la plus favorable à la génération du mouvement cyclonique. Si, comme cela peut arriver quelquefois, la première impulsion a lieu dans la direction du S. O. vers le N. E., l'alizé du N. E., qui souffle dans une direction contraire, opposera la même somme de résistance à toutes les portions de la ligne (le front de la masse d'air) qui avance, et il ne pourra pas y avoir de tendance à la formation d'un mouvement cyclonique.

Il est bien connu que pendant l'éruption de Consequina, le 20 janvier 1835, lorsque l'isthme de l'Amérique Centrale était ébranlé par des tremblements de terre, des cendres volcaniques furent portées par le contre-courant alizé supérieur, non-seulement jusqu'à Kingston, Jamaïque, distant de 800 milles anglais, contre le vent alizé direct, mais aussi à 700 milles dans l'O., où elles tombèrent sur le navire *Conway*, dans l'Océan Pacifique. Ce fait prouve que, dans les régions élevées de l'atmosphère tropicale, l'air ne se meut pas toujours régulièrement du S. O. vers le N. E., mais que la régularité de ce mouvement est interrompue par des courants qui vont de l'E. à l'O. Il paraît y avoir quelque rapport entre ces faits et les

pluies de poussière qui viennent de l'Afrique dans l'océan Atlantique du Nord, fait qui a été observé souvent. Nous allons essayer de faire connaître la cause de ces courants anomaux.

On doit trouver leur origine dans les tables des oscillations barométriques que nous avons données (pages 51-57). Si nous comparons les courbes barométriques annuelles d'Hobarton, Port Jackson, la ville du Cap, Rio Janeiro, Santiago, Montévidéo et Buénos-Ayres, avec celles de l'Asie Nord, de l'Europe Orientale et de l'Hindoustan, qui sont figurées page 59, nous verrons que la pression dans l'hémisphère Sud augmente aux périodes où elle diminue dans l'hémisphère Nord. L'explication la plus évidente de ce fait serait de supposer qu'il existe un transport périodique de l'air d'un hémisphère dans l'autre. Cependant nous trouvons que la tension moyenne annuelle de la vapeur aqueuse est de $4^{\text{mm}}85$ à Barnaoul, tandis qu'à Banjoewangie elle est de 23,78; de sorte que si nous supposons qu'il y a échange, il faut admettre tacitement que l'air peut être converti en eau, et *vice versa*. Nous sommes donc forcés de revenir à l'action de l'air sec. Un coup d'œil jeté sur les tables (pages 49-57) nous montre que l'agrégation de l'air dans l'hémisphère Sud est insuffisante pour expliquer la raréfaction dans l'hémisphère Nord. Il est clair cependant que l'air doit s'écouler dans une direction latérale vers cet hémisphère, pour que la vapeur aqueuse puisse être condensée pendant qu'il marche de l'Asie vers le S., puisque l'air ne peut jamais disparaître pendant cette transformation. Sitka, située dans l'Amérique russe, offre une preuve que l'air s'écoule réellement de l'Asie vers l'Amérique Nord, car à cette station la pression de l'air sec augmente de l'hiver à l'été. Il est probable qu'il en est également ainsi en Europe, parce qu'on n'y observe jamais de raréfaction en été. Nous trouvons néanmoins que la raréfaction s'étend au N. de l'Afrique, tandis que le baromètre reste à un niveau extraordinairement élevé aux îles Canaries. La hauteur du baromètre est également très-remarquable dans l'océan Atlantique Nord, ainsi qu'on peut le voir dans la table ci-après, qui représente les conditions barométriques des vents alizés de N. E. et de S. E. respectivement.

ZONE DES VENTS ALIZÉS.

LATITUDE.	ALIZÉS N. E. — Baromètre.	ALIZÉS S. E. — Baromètre.	DIFFÉRENCE
50° — 45°	763.52	"	"
45 — 50	763.98	"	"
40 — 35	765.60	"	"
35 — 30	767.33	763.39	+ 4.010
30 — 25	768.81	764.41	+ 1.410
25 — 20	764.05	764.59	— 0.540
20 — 15	762.45	763.52	— 1.070
15 — 10	761.00	762.74	— 1.710
10 — 5	760.05	761.54	— 1.480
5 — 0	759.83	760.49	— 0.660
0° — 35°	762.96	762.63	"

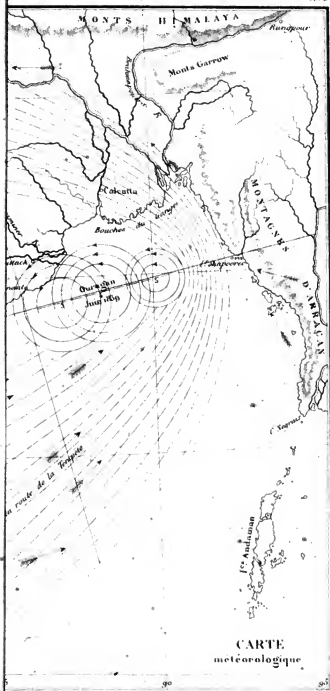
Imaginons maintenant que l'air qui monte sur l'Asie et l'Afrique s'écoule latéralement dans les couches supérieures de l'atmosphère, fait qui est bien évident par les sables qui tombent dans l'océan Atlantique Nord, ainsi que nous l'avons dit déjà, et qui s'élèvent à une très-grande hauteur; car d'après les observations faites par Piazz Smyth, sur le pic de Ténériffe, à un niveau de 3,200 mètres au-dessus de la mer, le soleil en est entièrement obscurci avant qu'ils ne pénètrent dans les couches inférieures des nuages. Un courant pareil doit avoir une tendance à s'opposer au libre passage du contre-courant alizé supérieur dans sa marche vers les tropiques, et doit le forcer à revenir dans le courant inférieur ou vent alizé direct; le point où cette intrusion a lieu doit avancer avec la même vitesse que le courant supérieur oblique qui le produit, marche de l'E. à l'Ouest. L'interposition d'un courant marchant de l'E. à l'O. avec un autre qui marche du S. O. au N. E. doit nécessairement donner naissance à un mouvement de rotation dans une

direction contraire à celle de la marche des aiguilles d'une montre. D'après cela le cyclone, qui avance du S. O. vers le N. E. dans l'alizé inférieur, représente le point de contact et marchant des deux autres courants qui dans les couches supérieures avancent dans des directions perpendiculaires l'un à l'autre. C'est là l'origine du mouvement de rotation, et la marche ultérieure du cyclone se fera nécessairement d'après les principes que nous avons exposés déjà. Le cyclone étant considéré ainsi comme étant le résultat de la rencontre des courants à différents points, et successivement, peut alors conserver son diamètre invariable pendant un temps considérable, ou il peut même diminuer de dimensions, quoique le cas où il augmentera sera le plus ordinaire. Les îles des Indes Occidentales séparent deux régions dans lesquelles les conditions météorologiques ont une grande différence : dans l'une la variation périodique de la pression est considérable, dans l'autre, au contraire, cette variation n'existe pas ; aussi sont-elles particulièrement exposées aux ravages des cyclones.

Il est, en outre, parfaitement clair que si l'explication que nous venons de donner de l'origine du mouvement cyclonique est exacte, un cyclone qui tournera dans la même direction peut être engendré par l'interposition de quelque obstacle mécanique dans la route d'un courant qui marche vers les hautes latitudes Nord, obstacle qui force ce courant à prendre une direction plus Sud (celle d'un vent du S.) à son côté Est qu'à son côté Ouest, où il reste toujours à peu près Ouest. Tel est le cas qui s'est présenté dans l'ouragan de la baie du Bengale les 3, 4 et 5 juin 1839, d'après les observations groupées par Piddington¹. Cette espèce d'ouragan est assez fréquente à l'époque du changement de la mousson du N. E. en mousson du S. O., changement qui a lieu ordinairement entre le 15 mai et le 15 juin dans la baie du Bengale². Pendant la plus grande partie

¹ *Researches on the Gale and Hurricane in the Bay of Bengal on the 3, 4 and 5 of June, 1839, being a First Memoir with references to the Theory of Storms in India.* Journal de la Société Asiatique du Bengale, n° 91, p. 550, seconde partie, n° 92, p. 651

² D'après les observations de Brown, la mousson du S. O. a commencé à





de sa course le vent souffla et marcha dans une direction définie (*a gale, i. e. a strong wind blowing in with tolerable steadiness from one quarter of the compass*), puis à un point de sa course, se changea en un cyclone (*a hurricane, i. e. a violent wind blowing in a circle or vortex of greater or less diameter*¹). Il souffla (voir la carte N°5) mousson du S.O. violente depuis la côte Est de Ceylan et de Masulipatam dans toute la baie du Bengale jusqu'aux montagnes d'Arracan, où il tourna à angle droit, et souffla en tempête du S. E. sur Calcutta et Benarès jusqu'à Lucknow, Cawnapore, et Agra dans la vallée du Gange. Le cyclone commença au point où l'ouragan tourna, auprès d'Arracan, dans le foyer de la parabole qu'il décrivait, comme le dit Piddington. Après avoir suivi une direction entre l'E. N. E. et l'E. il tourna vers l'O. S. O. ou l'O., au delà des embouchures du Gange, allant des îles Shapoorce jusqu'à Vizagapatam, Ganjam, Juggernaut et passant devant les embouchures des rivières Mahanuddy et Bramnee, il tourna, comme les ouragans des Indes Occidentales, dans la direction S., E., N., O.

Cet exemple prouve que des cyclones tournant dans le même sens que ceux des Indes Occidentales peuvent être produits dans des conditions essentiellement différentes, par le simple fait d'une masse d'air devenant plus S. à son côté Est qu'à son côté Ouest où elle reste toujours Ouest. Il est possible que les typhons des mers de Chine doivent leur origine à des causes semblables. L'ensemble des phénomènes de la mousson du S. O. nous offre des conditions analogues. La

Anjankandy, sur la côte de Malabar, de 1820 à 1833 inclusivement, les 50, 51, 54, 27 mai, le 15 juin, le 21 mai, le 18 juin, le 26 mai, le 5 juin, les 9 et 26 mai, les 16, 2 et 6 juin; tandis que d'autre part, elle s'établissait à Canton, d'après le « Journal de Canton » en 1830, du 20 au 28 avril; en 1831, du 7 au 17 avril; en 1832, du 4 au 7 avril; en 1833 du 9 au 14 avril; en 1834, du 3 avril au 8 mai, et en 1835 du 8 au 21 avril.

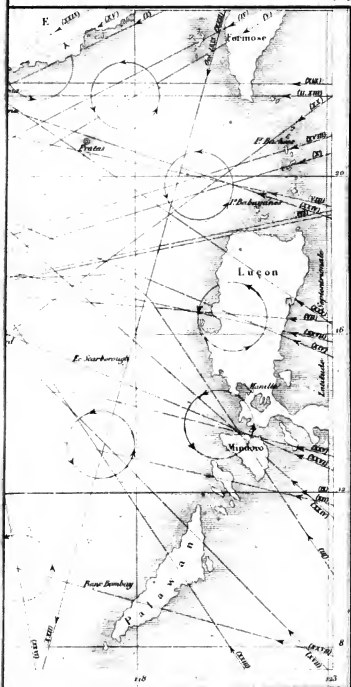
¹ Il paraît en être ainsi également des tempêtes qui éclatent quand la mousson de S. O. est remplacée par la mousson du N. E. Ces tempêtes, que les Espagnols appellent *los temporales* aux îles Philippines, ne sont pas accompagnées de pluie. L'air est obscurci seulement par un brouillard très-épais (les embruns de la lame). Sur la côte de Coromandel, on appelle ces tempêtes la *débacle de la mousson* (*das Ausbrechen des Monsoon*); sur la côte de Malabar, les Portugais appellent *Elephanta* celles qui sont particulièrement violentes.

direction de ce courant, qui est S. O. dans l'océan Indien et dans le golfe du Bengale, devient de plus en plus Sud dans les mers de Chine, mais nous n'avons pas encore assez d'observations pour préciser si dans ces mers cette déviation est due à la chaîne des îles Philippines, ou si elle est une conséquence immédiate du contact des moussons avec les vents alizés. Hofsburgh¹ dit positivement que le long de la côte Sud de Chine, les typhons, entre les mois de juillet et septembre, produisent une rotation de la girouette du N. O. par le N., N. E., E., S. E., S., près de la côte, et plus en mer, une rotation du N. par le N. O., O., S. O., S. Ce qui signifie, en d'autres termes, que ce sont des cyclones qui tournent dans la direction S., E., N., O., et qui marchent le long de la côte; de sorte que sur la terre on ressent le côté Nord de l'ouragan, tandis qu'à distance de la côte on ne ressent que le côté Sud seulement: Le typhon du *Raleigh*, le 5 août 1835, qui marcha des îles Bashee, entre Luçon et Formose, vers Macao, ou de l'E. S. E. vers l'O. N. O., et qui s'accorde dans toutes ses particularités avec la description donnée, est un exemple récent de cette espèce de tempêtes.

Si les cyclones sont dus à ce que la direction de la mousson du S. O. devient plus Sud à son côté Est qu'à son côté Ouest, et si, à cause de cela, ils marchent de l'E. vers l'O., ils doivent être particulièrement fréquents dans la partie Est de l'océan Indien. Dampier observe effectivement que l'on s'attend à recevoir des ouragans sur la côte de Coromandel en avril et septembre, les mois où la mousson change, mais qu'ils sont plus fréquents sur la côte du Malabar pendant toute la mousson de l'O.

Quant à la route des typhons, les cartes générales ci-dessous en contiennent un grand nombre. Ce sont, Piddington : *The Southern Indian Ocean, with the average Tracks of its Cyclones, mostly from Colonel Reid*; M. Thomas et M. Bosquet, 1850 *The Bay of Bengal, and Part of the Arabian Sea, with the Courses of their Cyclones from 1800 to 1848. The China and Loo Choo Seas, and*

¹ *India Directory*, II, page 253





adjacent Pacific Ocean, with the Courses of their Cyclones from 1780 to 1847.

On trouve également ces cartes dans l'ouvrage de Piddington, intitulé : *The Sailor's Hornbook for the Law of Storms, being a practical Exposition of the Theory of the Law of Storms, and its Uses to Mariners of all Classes in all Parts of the World; shown by transparent Storm-Cards, and useful Lessons*. Londres, in-8°, 3^e édition, 1860, page 408 ; Williams et Norgate.

Piddington a publié, si je ne me trompe, trente notes diverses sur des ouragans différents. La carte ci-jointe N° 6 sera suffisante pour l'intelligence de notre livre. Les ouragans de l'hémisphère Sud sont principalement décrits par Thom, dans son ouvrage : *An Inquiry into the Nature and Course of Storms in the Indian Ocean, South of the Equator, for the practical Purpose of enabling Ships to ascertain the Proximity and relative Position of Hurricanes, with Suggestions on the Means of avoiding them*. Londres, 1845, in-8°, page 352.

En examinant les exemples cités ci-dessus, on peut en déduire les conclusions suivantes qui sont parfaitement évidentes :

1° Que la rotation du cyclone a lieu dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre, laquelle est contraire à celle que l'on observe dans l'hémisphère Nord ;

2° Que la direction de sa route dans le zone torride est du N. E. au S. O. ; qu'il tourne quand il atteint le tropique du Capricorne, et marche de là du N. O. vers le S. E. ;

3° Que le niveau du baromètre baisse aussitôt que l'observateur approche du centre, exactement comme dans les ouragans des Indes Occidentales.

Un exemple remarquable de ce fait est la tempête qui a passé le long de la côte du Malabar en avril 1847, avec une vitesse de 12 milles à l'heure. Les tables suivantes donnent les hauteurs du baromètre dans le voisinage de l'ouragan, pour le 17 et le 18 du mois. Pendant cet ouragan, le 18, il tomba 254 millimètres de pluie à Dodabetta, et 736 millimètres à Tellichery.

Pendant que le centre de l'ouragan remontait la côte du Malabar en la prolongeant, la direction du vent était N. dans la mer d'Arabie ; O. dans les environs de Ceylan et sur

l'équateur; S. et S. E. dans le golfe du Bengale; E. dans le Scinde et dans le haut Bengale. Dans cet exemple, la direction tangentielle de l'air qui était en mouvement est très-clairement indiquée.

LE 17 AVRIL.

	DISTANCE du centre en milles.	BAROMÈTRE.
Navire <i>Zemindar</i> (latitude N. 6° 57', longitude E. 54° 52').....	800	millim. 769.00
Madras.....	500	761.23
Colombo.....	500	758.44
Navire <i>Victoria</i>	120	755.65
Cannanore.....	120	752.85
Navire <i>Buckinghamshire</i>	90	751.33
Navire <i>Mermaid</i>	60	745.19

LE 18 AVRIL.

	DISTANCE du centre en milles.	BAROMÈTRE.
Navire <i>Zemindar</i> (latitude N. 7° 42', longitude E. 55° 17').....	900	millim. 769.00
Colombo.....	500	758.44
Madras.....	480	760.47
Rajeste.....	450	758.19
Bombay.....	240	751.37
Cannanore.....	150	756.41
Navire <i>Victoria</i>	150	754.37
Navire <i>Mermaid</i>	80	745.74
Navire <i>Buckinghamshire</i>	20	720.09
Centre.....	0	751.19

Dampier, que les Anglais appellent avec un juste orgueil

le prince des navigateurs, décrit l'approche d'un typhon avec cette exactitude qui rend tous ses travaux si remarquables. On lit dans ses Voyages (II, 36) :

« Les typhons sont une espèce particulière de tempêtes violentes soufflant sur la côte du Tonquin et sur les côtes voisines dans les mois de juillet, août et septembre; elles éclatent communément aux environs de la pleine et de la nouvelle lune, et elles sont ordinairement précédées par un très-beau temps, des faibles brises et un ciel clair. Ces faibles brises sont l'alizé ordinaire qui souffle du S. O. dans cette saison, et qui tourne au N. et au N. E. environ. Avant le commencement de la tempête, un nuage épais se forme dans le N. E.; il est très-noir auprès de l'horizon, d'une couleur cuivrée vers son bord supérieur, et de plus en plus clair à mesure qu'il approche du bord extérieur qui est d'un blanc très-vif. L'aspect de ce nuage est très-étrange, très-effrayant, et il se forme quelquefois douze heures avant que la tempête n'éclate. Quand il commence à marcher rapidement, le vent s'établit presque immédiatement, sa force augmente promptement et il souffle avec une grande violence au N. E. pendant douze heures plus ou moins. Il est aussi communément accompagné de coups de tonnerre effrayants, de larges et fréquents éclairs, et d'une pluie très-épaisse. Quand le vent commence à mollir, il tombe tout à coup, et il survient un calme plat qui dure près d'une heure, après quoi le vent s'élève du S. O. environ, où il souffle avec la même fureur et aussi longtemps qu'au N. E.; il pleut aussi comme avant. »

Varenius donne aussi une description exacte de ces ouragans dans son livre intitulé *Geographia naturalis*, où on lit (livre I, chap. XXI, § 12) :

Violentus erumpens et rapida vertigine circa horizontem rotatus, assiduus incrementis horarum circiter viginti spatio circulum conficit, impetu horribili sævisque turbinibus vastè illa æquora vehementissimè commovens. Autumnio maxime tempore furiosissimus typhon dominatur sæpe tanto impetu et rabie, quantum qui oculis non subjecerint, animo concipere non possunt, dicas, cælum et terram chaos velle repetere. Neque tantum in mari, sed in littoribus quoque fuit multasque domos prosternit, ingentes arbores radiceribus evellit, magnas naves ex

mari in terram ad quadrantem milliariis propellit. Nautæ vocant, « de windt drayt rond om liet compas¹. »

En opposition avec ces descriptions, qui ont été publiées il y a deux siècles environ, nous trouvons dans la « Météorologie » de Lecoq qui a paru en 1836 (page 467), l'explication suivante donnée par Page :

« Que sont les effrayants ouragans de la mer de Chine, connus sous le nom de lyfoongo (*sic*), sinon des trombes, et des trombes immenses, terribles, qui, en crevant, se terminent par un violent coup de vent ? » D'après cette description, un typhon serait une trombe qui crève !

Puisque nous avons découvert ainsi dans les typhons une confirmation du principe auquel nous attribuons l'origine du mouvement rotatoire des ouragans des Indes Occidentales, nous pouvons examiner plus intimement les phénomènes qui accompagnent ces grandes perturbations de l'atmosphère.

Si le cylindre qui tourne pendant un ouragan, dans la zone du vent alizé, s'étend du courant inférieur au courant supérieur, il est évident que sa partie supérieure est soumise, dans le contre-courant alizé, dont la direction est S. O., aux mêmes conditions que sa partie inférieure au moment où elle sort de la zone du vent alizé. Il en résultera que cette partie supérieure se dilatera en même temps, et marchera dans une direction différente de celle de l'autre partie ; et, comme phénomène secondaire, il se produira une aspiration au centre du cyclone, et aussi une diminution de pression sur la surface de la terre. Il y a deux raisons pour cela : 1° la rotation du cyclone tend à éloigner l'air de son axe ; et

¹ Il éclate d'abord avec violence, il tourne autour de l'horizon avec un mouvement de rotation rapide, augmentant en force, et il achève son circuit dans l'espace de vingt heures environ, produisant les commotions les plus violentes dans ces mers par la furie avec laquelle il souffle et par ses tourbillons terribles. Le typhon est plus violent dans l'automne : il souffle avec une telle rage et fureur que ceux qui ne l'ont jamais vu ne peuvent pas s'en faire une idée. Il semble que le ciel et la terre vont retourner dans le chaos des premiers éléments. Ses ravages se font sentir non seulement en mer, mais aussi sur la terre, où il rase complètement les maisons, arrache les arbres, et porte de grands navires de la mer dans les terres à des distances d'un quart de mille. Les marins disent que le vent fait le tour du compas. »

2° le cyclone s'élargit comme un entonnoir dans sa partie supérieure; il en résulte que ses couches supérieures ayant une tendance centrifuge plus grande que les plus basses, ces dernières sont forcées de s'élever pour compenser la rarefaction qui se produit au-dessus.

Si nous examinons les observations avec attention, nous verrons que ce n'est pas à cet effet d'aspiration que la tempête elle-même doit son origine. Prenons comme exemple l'ouragan du 2 août 1837 pour lequel nous avons des observations météorologiques simultanées faites à Saint-Thomas et à Puerto-Rico; nous les avons placées (page 192) sur deux colonnes et en regard les unes des autres pour les comparer.

Dans les observations faites à Saint-Thomas, il est fait mention « du calme plat » qui s'est interposé tout à coup entre les deux ouragans soufflant de rumbes opposés, moment d'anxiété terrible qui remplit d'effroi le cœur des marins les plus intrépides. Il est facile d'expliquer ce calme dans l'hypothèse d'un mouvement circulaire, puisque l'air doit rester en repos au centre d'un cyclone; tandis qu'il est inexplicable dans celle d'un mouvement centripète de l'air, puisque deux vents qui soufflent directement l'un contre l'autre doivent arrêter leur marche réciproque; de telle sorte que l'intensité de chaque courant doit diminuer à mesure que l'observateur se rapproche de leur point de contact. Cet effet se produit effectivement sur une grande échelle pour les vents alizés, et on devrait nécessairement l'observer au centre d'un ouragan quand il passe sur le point de l'observation, s'il existait un mouvement centripète dans ces tempêtes. Mais les faits observés nous montrent des phénomènes contraires à ceux que nous venons d'énoncer. D'après les observations de Hoskiaer à Saint-Thomas, la force de l'ouragan augmenta continuellement de 6 heures 45 minutes à 7 heures 30 minutes; le calme plat vint ensuite, et à 8 heures 10 minutes l'ouragan recommença aussi brusquement qu'il avait cessé auparavant. Comment admettre l'existence de deux vents contraires dans cette circonstance? En outre, pour admettre la théorie centripète, il aurait fallu que, dans ce moment, le vent eût soufflé de Puerto-Rico vers Saint-Thomas, de telle sorte qu'il eût été Ouest à la première ile; il était réellement N. N. E., exactement

comme s'il eût été produit par la rotation d'un cyclone dont le centre était à Saint-Thomas.

SAINT-THOMAS.			PUERTO-RICO.	
Temps moyen.	Baro- mètre.	Direction du vent.	Baromètre.	Direction du vent.
1 ^{er} août.. 18 ^h 0 ^m	millim. 700 27			
2 — .. 2 10	753 75	N. O.		
3 20	753 31	N.		
3 45	753 54	N.		
4 45	749 02	N.		
5 40	747 84	N. E.		
5 45	744 67	N. E.		
6 50	739 97	N. O.		
6 55	734 33	N. O.		
6 45	730 95	N. O.		
7 0	730 95	N. O.		
7 10	726 44	N. O.		
7 22	718 53	N. O.		
7 50	715 16	N. O.		
7 55	711 01			
7 52	712 90	Calme plat.	millim. (8) 751.89	N. N. E.
8 10	712 90			
8 20	712 90			
8 25	721 95	S. S. E.		
8 53	724 17	S. E.		
8 58	726 44	S. E.		
8 45	728 69	S. E.		
8 50	750 95	S. E.		
9 0	735 45	S. E.		
9 10	739 97	S. E.		
9 25	742 25	S. E.	719.37	
9 55	744 47	S. E.		
9 50	745 72	S. E.		
10 10	749 02	S. E.	10) 716.81	
10 55	751 24	S. E.	11) 744.24	E.
11 10	751 80	S. E.		
11 50	752 56	S. E.	12) 711.22	Ouragan.
14 45	755 75	S. E.	15 1/2) 710.95	S.
20 0	759 45	S. O.	16) 749 57	
21 0	759 71	E.		

On peut prouver également que la diminution de la pression barométrique n'est pas la cause de la perturbation violente de l'air, mais plutôt un effet secondaire de cette cause. Ainsi on voit dans les observations de Hoskiaer, qu'à chaque rafale de l'ouragan, le niveau du mercure baissait de 5 millimètres, et qu'il remontait à sa première hauteur aussitôt que la rafale était passée. On a observé le même phénomène dans les ouragans de l'océan Indien du Sud; ainsi Thom dit, page 184 :

« On a observé que dans certains moments de l'ouragan, le mercure du baromètre subit de brusques oscillations dans l'espace de quelques minutes. »

La cessation subite de l'ouragan paraît être un phénomène normal dans le compte rendu ci-après. (Nassau (Bahamas), 1^{er} août 1813.)

« Vers 2 heures $\frac{1}{2}$ du soir, l'ouragan atteignit sa plus grande violence, et sa furie dura jusqu'à 5 heures, moment où il cessa brusquement. Pendant une demi-heure ensuite le calme fut si complet, qu'on aurait pu le comparer à la mort après les plus terribles convulsions de l'agonie. Les habitants de la colonie, qui connaissent parfaitement la nature de ces tempêtes, prirent dans cet intervalle toutes les précautions possibles, pour se garantir contre la seconde partie de l'ouragan qu'ils s'attendaient à voir souffler du S. O.; et de fait il éclata de ce côté avec la plus grande furie vers 6 heures. »

Le passage brusque d'un vent violent au calme plat, dans le centre, puis à un ouragan dont la direction est diamétralement opposée à celui qui soufflait auparavant, est aussi bien indiqué dans les typhons que dans les ouragans des Indes Occidentales, ainsi que le fait remarquer Daupier. Dans le chapitre des tempêtes de sa « théorie des vents » (page 69), il décrit ainsi une tempête essuyée à Antigue, en août 1681, par le capitaine Gadbury :

« Avant 8 heures le vent soufflait avec violence du N. E., et tournant au N. et au N. O., il se fixa à ce dernier rumb, amenant des pluies très-abondantes. Il souffla ainsi pendant quatre heures environ, puis il fit calme plat et la pluie cessa.

« Après ce calme le vent souffla et la pluie tomba avec la même violence qu'auparavant, mais du S. O.

« Au commencement de la nuit, pendant que le N. E. soufflait avec fureur, la mer poussée au large par la violence du vent baissa si prodigieusement que quelques navires mouillés dans le port par 5 et 7 mètres d'eau restèrent à sec; ils demeurèrent ainsi échoués jusqu'à la renverse du S. O. qui refoula la mer vers la côte avec une force telle que non-seulement les bâtiments furent remis à flot, mais que quelques-uns furent jetés à la côte. L'un d'eux entre autre fut porté à une très-grande distance dans les bois; un autre fut jeté entre deux rochers voisins, l'avant sur l'un et l'arrière sur l'autre, formant ainsi un pont qui réunissait les rochers, et reposant à trois mètres au-dessus de la mer, même aux plus hautes marées; car les marées dans cet endroit ne montent jamais plus que 0^m 6 à 0^m 9 ordinairement; tandis que dans ces ouragans, elles ont des mouvements prodigieux ¹.

« Les navires ne ressentirent pas seuls la furie de cet ouragan, mais toute l'île en souffrit; les maisons furent renversées, les arbres arrachés ou leurs branches brisées; il ne resta dans l'île pas une feuille ni un brin d'herbe, tout fut dépourillé comme en hiver; et un bâtiment qui revint à Saint-Thomas peu de temps après avoir quitté ce port ne pouvait pas croire que ce fût la même île.....

« Le lendemain, les plages étaient couvertes de poissons de toute espèce, grands et petits, de tortues, de requins, etc., et une immense quantité d'oiseaux de mer périrent également. Bien que je n'aie jamais vu d'ouragan dans les Indes Occidentales, j'ai pu cependant constater leurs effets dans les Indes Orientales où ils sont exactement les mêmes. Et pour ma part, je crois qu'entre un ouragan de l'océan Atlantique et un typhon des mers de Chine et de l'océan Indien il n'y a de différence que le nom. J'ai donné une description détaillée d'un de

¹ Dans la description de l'ouragan qui a ravagé Charleston, le 13 septembre 1752, nous lisons : « Tous les bâtiments qui étaient dans le port furent jetés à la côte, et quelques uns portés à 6 milles dans les terres, « dans les marais et les petits cours d'eau; les habitants s'étaient réfugiés sur « les toits des maisons comme dans les ouragans précédents. »

ces derniers dans mon « Voyage autour du monde », chapitre xv, page 414. »

Ce typhon souffla d'abord du N. E., puis il fit calme ; après quoi il souffla un ouragan du S. O. aussi violent que le précédent. Pendant l'ouragan, un *Corpus sanctum* (feu de Saint-Elme) parut sur le sommet des mâts.

A Madras le 13 octobre 1836, entre 6 heures du matin et 4 heures du soir, le baromètre, avec le vent du N., baissa de 760^{mm}47 à 739^{mm}41 ; et à 718^{mm}43 jusqu'à 7 heures du soir pendant que l'ouragan soufflait du Nord. De 7 heures 15 minutes à 7 heures 45 minutes, il fit un calme effrayant, le baromètre se maintenant au même niveau, 718^{mm}43, pendant une demi-heure. L'ouragan vint alors du S. soufflant avec rage, et le baromètre monta à 736^{mm}62 avant 9 heures et à 747^{mm}43 avant 11 heures.

Pendant la tempête qui éclata sur Maurice en mars 1836 (page 157), le calme du 6 dura deux heures ; avant le commencement du coup de vent la baisse du baromètre avait été de 38^{mm}37 dans trente-trois heures, et les vents à l'E. ; il monta ensuite pendant trente-sept heures avec des vents d'Ouest (*Nautical Magazine*, juin 1837).

Les circonstances de la tempête du 24 octobre 1818 furent exactement les mêmes que celles décrites ci-dessus, ainsi qu'on le voit par le compte rendu de Goldingham :

« Dans la matinée, le vent souffla avec violence du N., et avant 10 heures il fraîchit à coup de vent. Il y eut alors un calme effrayant pendant une demi-heure, après quoi il souffla un véritable ouragan du S. avec une furie telle qu'on n'en avait jamais vu de pareille à Madras auparavant. Le baromètre était tombé à 749^{mm}29, mais pendant le calme, à 10 heures, il baissa à 731^{mm}01, niveau vraiment effrayant, tout à fait inusité et tel qu'on ne l'avait jamais vu dans le pays ; vers midi il était remonté de 12^{mm}50 environ. »

Les directions du vent à la cessation ou à la reprise de l'ouragan représentent les tangentes du cercle le plus intérieur, de sorte que, toutes les fois que la route du cyclone coïncide avec un diamètre du cercle, ces tangentes seront parallèles, et conséquemment les directions du vent seront diamétralement

opposées l'une à l'autre. Toutes les fois que la route coïncide avec une corde, les directions seront inclinées l'une par rapport à l'autre, et la durée du calme au centre sera diminuée proportionnellement.

Le typhon essuyé par Krusenstern dans les mers du Japon par 31° N. et 130° O. est un exemple frappant de ce fait. Les directions du vent avant et après le calme étaient E.S.E. et O.S.O. Le moment critique où le vent changea fut précédé par un calme plat qui ne dura que quelques minutes, et pendant lequel le baromètre baissa à 685^{mm}80. Le calme ne fut pas plus long dans l'ouragan qui dévasta la Nouvelle-Orléans en 1776, ainsi que nous le voyons dans la description de Dunbar, « Trans. de la société philosophique américaine », vol. vi. Thom dit que pendant la tempête de l'*Albion*, la durée du calme fut de 1 ou 2 heures; dans celle de Maurice, en 1836, de 3 ou 4 heures à Port-Louis (période plus longue que celle donnée par le journal de « l'Observatoire »); 4 heures dans la tempête du *Carnatic*; 6 heures dans celle du *Neptune*, et 8 heures dans celle du *Windsor*. Thom donne 80 milles de diamètre à la surface du calme pendant la tempête du *Windsor*; dans la tempête du *Rodriguez*, son étendue était de 30 à 40 milles d'abord, et 20 milles ensuite par 22° Sud. Le docteur Finlay, médecin de la Havane, m'a communiqué ce fait intéressant, que lorsque la Havane fut dévastée par le terrible ouragan du 12 octobre 1846, la baisse du baromètre au centre du cyclone fut si rapide que les fenêtres des maisons furent arrachées et rejetées en dehors¹.

Jusqu'à présent, en parlant de la marche du cyclone, nous n'avons pas tenu compte de la résistance opposée par la terre

¹ L'amiral Fitzroy dit qu'on laisse quelquefois les fenêtres ouvertes au commencement d'un ouragan pour éviter ces accidents. Tooley dit aussi en parlant de l'ouragan qui dévasta Natchez en 1840: « La destruction fut produite par la dilatation de l'air renfermé dans les maisons. De toutes les maisons qui se trouvaient sur la route de l'ouragan, il n'y eut que celles qui avaient les fenêtres ouvertes qui n'éprouvèrent pas d'accidents. » On a observé des effets tout à fait contraires à Tuscaloosa, Alabama, pendant la tornade du 4 mars 1842. Dans cette circonstance, les seules maisons qui furent détruites furent celles dont les portes et les fenêtres étaient ouvertes, tandis que toutes celles où elles étaient fermées furent préservées.

au mouvement de l'air. Cette résistance, ainsi que le fait observer très-judicieusement Redfield, fera incliner le cylindre qui tourne en avant et dans la direction de sa route. En conséquence, le cyclone commencera dans les couches supérieures avant qu'on le ressente dans les couches inférieures, de sorte que le baromètre commencera à baisser avant que la tempête éclate, et indiquera ainsi son approche. Par le fait de la direction oblique de l'axe, les couches froides supérieures se mêleront avec les couches chaudes inférieures, il en résultera de grandes précipitations d'humidité, et l'ouragan sera accompagné d'explosions électriques, qui seront d'autant plus violentes que la pluie sera plus abondante. Ainsi l'air froid paraltra se déverser des nuages et la tempête prendra la forme que les Grecs ont nommée si justement *ixveπίας* ¹.

On peut ranger dans la même classe ce phénomène de la zone torride bien connu des marins sous le nom « d'œil de bœuf ² » ; c'est un petit nuage noir qui surgit tout à coup, il court rapidement dans le ciel, qu'il couvre promptement tout entier, grandissant à vue d'œil et produisant une perturbation dans l'atmosphère, d'autant plus terrible que le temps qui l'a précédé était plus beau.

Jusqu'ici nous n'avons considéré dans nos recherches que les faits qui se produisent dans le cyclone lui-même, et nullement les phénomènes observés dans les lieux sur lesquels il passe. Si nous embrassons tous ces lieux ensemble dans la pensée, et si nous considérons, dans le but de simplifier, que le diamètre du cyclone reste invariable pendant qu'il marche, nous trouverons que les points qu'il ne fait que toucher gisent sur deux lignes, qui sont toutes les deux parallèles à la route du centre, parce qu'elles sont formées par les tangentes communes d'un système de cercles égaux. Si le cyclone entre dans la zone tempérée, et marche du S. O. au N. E., la direc-

¹ *ixveπίας* : un ouragan produit par le choc des nuages qui crèvent. Liddell et Scott.

² Il ne faut pas confondre l'œil de bœuf avec l'œil de la tempête, page 268, qui est une éclaircie entre les nuages. L'œil de bœuf est le nuage dont parle sir J. F. W. Herschel (*Encyclo. britann.*, article *Météorologie*). Voir aussi King., xviii, 44., *Trans.*

tion du vent sur la ligne supérieure de contact sera N. E., et S. O. sur la ligne inférieure. Le long de la première ligne le vent du N. E. commencera dans le S. avant qu'il se fasse sentir dans le N.; et il semble ainsi marcher en arrière, tandis que le long de la ligne inférieure, le vent de S. O. paraîtra avancer dans la direction vers laquelle il souffle.

Le 12 mai 1760, Franklin écrivait à M. Alexandre Small :

« Je crois que les tempêtes de N. E. qui soufflent dans l'Amérique du Nord commencent d'abord, eu égard au temps, dans le S. de ce pays, c'est-à-dire que l'air dans la Géorgie, la plus Sud des colonies, commence à se mouvoir vers le S. O. plus tôt que dans la Caroline, qui est la colonie la plus voisine dans le N. E., puis plus tôt dans la Caroline que dans la Virginie, et ainsi de suite dans la Pensylvanie, New-York, et la Nouvelle-Angleterre jusqu'à Terre-Neuve. »

Franklin fit cette découverte en cherchant à observer une éclipse de lune à Philadelphie, ce dont il fut empêché par une tempête de N. E.; tandis qu'on put l'observer à Boston, où l'ouragan commença plus tard. D'après les recherches de Bache, cette éclipse eut lieu le 21 octobre 1743.

Lewis Evans cite le même fait, sur une carte de la Pensylvanie publiée en 1747 sur laquelle on lit : « Toutes les grandes tempêtes que nous ressentons commencent sous le vent, ainsi une tempête du N. E. soufflera un jour plus tôt dans la Virginie qu'à Boston. »

Mitchel a trouvé en 1802 qu'un ouragan du N. E. commençait :

A Charleston, latitude 34° 45' N. le 21 février à 2 heures du soir.			
A Washington — 58 55	—	5	—
A New-York. — 40 40	—	10	—
A Albany.... — 44 0	22		au jour.

En 1811 :

Au cap Hatteras, latitude 34° 15' le 25 décembre à 8 heures du soir.			
A Washington.. — 58 55	—	10	—
A New York... — 40 40	—		minuit.
A Lyme.....	24	—	2 heures du matin.
A Boston..... — 42 22	—	4	—

Poey parle d'un cyclone qui passa de Charleston à la Nouvelle-Ecosse entre le 21 et le 23 février 1802. Je n'ai pas trouvé de rapport sur les deux autres cas ; cependant on peut les expliquer par l'hypothèse d'un cyclone prolongeant les côtes des Etats-Unis ; mais elles peuvent aussi appartenir à une classe de tempêtes que nous décrirons lorsque nous parlerons de la zone tempérée.

Afin de pouvoir décrire plus exactement les phénomènes qui accompagnent les ouragans des Indes-Occidentales, nous emprunterons à l'ouvrage du Major Général Reid le récit de celui qui a sévi aux Barbades le 10 août 1831, récit que cet auteur tenait d'un témoin oculaire.

« A 7 heures du soir, le ciel était clair et le temps calme ; le calme dura jusqu'un peu après 9 heures, moment où le vent souffla de nouveau du N. ; vers 10 heures $\frac{1}{2}$ on apercevait de temps en temps des éclairs dans le N. N. E. et dans le N. O. Les rafales de vent et de pluie du N. N. E. avec des intervalles de calme se succédèrent jusqu'à minuit ; le thermomètre descendit à 28° 33, et pendant les moments de calme il montait jusqu'à 30° ; après minuit, les éclairs et les coups de tonnerre se succédaient avec une grandeur effrayante, et l'ouragan soufflait avec rage du N. et du N. E. ; mais sa fureur augmenta à 1 heure du matin, le 11 août ; la tempête qui jusqu'à ce moment avait soufflé du N. E. sauta brusquement au N. O. et aux rumbes intermédiaires. Pendant ce temps des éclairs incessants sillonnaient les nuages, mais les sillons en zigzag de la lumière électrique étaient encore plus vifs que la nappe de feu de l'éclair ; la foudre éclatait dans toutes les directions ¹. Un peu

¹ Si l'on réfléchit que la poussière et les sables portés mécaniquement dans l'air, surtoit quand ils s'élèvent en tourbillonnant, peuvent produire une tension électrique considérable et assez grande pour lancer des étincelles ; et aussi que ce sont les nuages de fumée les plus épais d'un volcan qui sont le principal siège des éclats de lumière, nommés *ferille* par les habitants des villes bâties sur le Vésuve, et qui parviennent dans des nuages semblables lors de la formation des îles Sabrina et Ferdinanda ; si à ces faits nous ajoutons les phénomènes électriques que l'on voit aux chutes d'eau et les éclats de lumière produits au moment où la goutte d'eau touche le sol ; on pourrait admettre, ainsi que semblent le prouver les expériences faites avec la machine hydro-électrique de Faraday, que l'on doit trou-

après deux heures, le bruit assourdissant de l'ouragan, soufflant du N.N.O. et du N.O., était impossible à décrire. Le lieutenant-colonel Nickle, commandant le 36^e régiment, qui s'était mis à l'abri sous la voûte d'une fenêtre basse en dehors de sa maison, n'entendit pas le bruit de l'étage supérieur qui s'écroulait, et il ne s'en aperçut qu'en voyant la poussière provenant des débris qui tombaient. Vers 3 heures le vent mollit par moment, mais il y avait encore des rafales furieuses du S. O., de l'O. et de l'O. N. O.

« Les éclairs ayant cessé pendant quelques instants et en même temps que le vent, la ville fut plongée dans une obscurité vraiment effrayante. On vit quelques météorés en feu tomber du ciel, un surtout d'une forme sphérique et d'un rouge foncé, sembla descendre verticalement d'une grande hauteur. Il tomba évidemment par sa pesanteur spécifique et sans être poussé par aucune force étrangère; en approchant de la terre avec un mouvement accéléré, il devint d'une blancheur éblouissante, d'une forme allongée, et, en tombant sur la place Beckwith, il se divisa en mille morceaux comme du métal en fusion et s'éteignit immédiatement. Sa forme et sa grosseur étaient celles d'un de ces cylindres de verre qui servent à garantir la lumière aux Antilles. Par son éclat et ses débris au moment où il toucha le sol, il avait quelque ressemblance avec un bloc de mercure de même dimension. Quelques minutes après l'apparition de ce phénomène, le bruit assourdissant du vent se changea en un murmure solennel ou plus exactement en un rugissement lointain, et les éclairs qui depuis minuit avaient sillonné le ciel avec quelques légères interruptions prirent un effrayant développement, une vivacité et un éclat extraordinaires, et envahirent tout l'espace entre les nuages et la terre pendant près d'une demi-minute. Cette masse immense de

ver la source de l'électricité des orages accompagnés de tonnerre dans le frottement de la vapeur lorsqu'elle se condense pour se former en eau. Plus la condensation est considérable, plus la perturbation de l'air est violente, et plus la somme d'électricité développée sera grande. Les habitants des campagnes sont tout à fait dans le vrai lorsqu'ils appellent une forte ondée un « orage » silencieux. »

vapeurs semblait toucher les maisons, et elle lançait vers la terre des flammes que celle-ci lui renvoyait aussitôt.

« Immédiatement après cette singulière succession d'éclairs, l'ouragan éclata de nouveau de l'O. avec une violence prodigieuse et indescriptible, chassant devant lui des milliers de débris de toute nature; les maisons les plus solides furent ébranlées dans leurs fondements, et toute la surface de la terre trembla sous la force de cet effrayant fléau destructeur. Pendant toute la durée de l'ouragan, on n'entendit pas distinctement le tonnerre. Le hurlement horrible du vent ¹, le bruit de l'Océan, dont les lames effrayantes menaçaient d'engloutir en ville tout ce que l'ouragan laissait debout, le bruit mat des tuiles, la chute des toits et des murs, et la réunion de mille autres bruits formaient un fracas horrible et épouvantable. Ceux qui ont assisté à une pareille scène d'horreur peuvent seuls se faire une idée de l'effroi et de l'immense découragement que l'homme éprouve en présence de cette rage de destruction de la nature.

« Après 5 heures la tempête mollissant par moments permit d'entendre facilement le bruit de la chute des tuiles et des débris de construction que la dernière rafale avait probablement soulevés à une grande hauteur. A 6 heures du matin, le vent était au S., à 7 heures au S. E., à 8 heures à l'E. S. E., et à 9 heures le temps était redevenu clair.

« Dès que le jour permit de distinguer les objets, le narrateur se rendit non sans peine sur le quai. La pluie chassée avec une assez grande violence pour faire du mal à la peau était tellement épaisse qu'on pouvait à peine distinguer les objets au delà du bout du môle. La scène qui s'offrit à lui était d'une majesté indescriptible; des vagues gigantesques roulaient sur

¹ Le bruit effrayant que l'on entend au centre d'un eyclone a été décrit de plusieurs manières. Thom dit : « un silence solennel suivi par un cri effrayant et par un murmure sourd dans le lointain. » Biden dit que les rafales qui soufflent après le calme sont « comme des décharges successives et violentes d'artillerie, ou le rugissement de bêtes féroces. » Cattermole : « un rugissement continuel dans l'air. » Tandis que d'après Piddington les expressions employées ordinairement pour les trombes d'eau sont « un bruit sourd et sifflant, » et pour les eyclones : « rugissant, foudroyant, hurlant et perçant. »

la plage et semblaient vouloir tout engloutir ; cependant , elles brisaient sur le carénage où elles venaient se perdre , leur surface étant entièrement couverte d'épaves de toute nature ; on voyait flotter des planches, des galets, des douves, des barriques, des bottes de foin, et des marchandises de toute espèce. Deux batiments seuls étaient à flot en dedans de la jetée, tous les autres étaient chavirés ou échoués sur les petits fonds.

« Du sommet de la tour de la cathédrale, on ne voyait qu'une vaste plaine de ruines ; pas un seul signe de végétation, sauf ça et là quelques petits champs d'herbe jaunie. Toute la surface de la terre semblait avoir été brûlée. Les quelques arbres qui restaient, dépouillés de leurs branches et de leurs feuilles, avaient le même aspect qu'en hiver ; les nombreuses villas entourées d'arbres qui sont dans les environs de Bridge-town étaient mises à nu et en ruines. La direction des cocotiers et des autres arbres qui avaient été renversés les premiers indiquait qu'ils avaient été abattus par le N. N. E. ; mais la plus grande partie avait été déracinée par le vent de N. O. »

Tel est le récit de l'ouragan des Barbades. Si nous ajoutons que, pendant que l'ouragan était dans toute sa force, la tension électrique de l'atmosphère était si grande que des étincelles jaillirent d'un nègre dans le jardin du collège Coddington, nous pourrions admettre avec le général Reid que tous les grands arbres détruits à Saint-Vincent sans avoir été abattus le furent par la grande quantité d'électricité qui se dégagait pendant cette tempête. Cet ouragan fut accompagné d'une pluie d'eau salée, autre phénomène qu'on a souvent observé ailleurs. A la pointe Nord des Barbades les vagues brisèrent constamment à une hauteur de plus de 22 mètres. L'eau salée avait été portée assez loin dans l'intérieur pour tuer tous les poissons des mares du major Leacock ; et à Brighth Hall, situé à 2 milles dans le S. S. E. de la pointe, l'eau dans les mares resta salée pendant plusieurs jours après la tempête.

Nous terminerons cette description par le récit de l'ouragan du 10 octobre 1780 (le grand ouragan), qui semble avoir présenté toutes les horreurs de ces grands phénomènes de la nature. Nous avons sur cet ouragan plus de renseignements que

sur les autres, parce que la flotte de l'amiral Rodney l'essuya dans les Indes-Occidentales, après avoir déjà souffert considérablement une semaine auparavant pendant l'ouragan de Savannah-la-Mar, sur la côte Ouest de la Jamaïque. Le *Scarborough*, le *Barbadoes*, le *Victor* et le *Phoenix*, qui étaient monillés dans la baie de Montego, se perdirent. Le *Princess Royal* qui était à Savannah-la-Mar avec le *Henry* et le *Austin Hall* cassèrent leurs chaînes et furent jetés dans les marais; le premier fut porté si loin dans les terres qu'il put servir de logement aux habitants qui survécurent à la tempête.

Le diamètre de l'ouragan du 10 octobre fut si grand depuis le commencement, qu'il embrassa les points extrêmes des îles sous le vent, c'est-à-dire la Trinidad et Antigue, tandis que son centre passa le 10 sur les Barbades et jusqu'à Sainte-Lucie, où l'amiral Hotham était au mouillage avec la *Vengeance*, le *Montagu*, l'*Égremont*, l'*Ajax*, l'*Alcmena* et l'*Amazon*. De là il se porta sur la côte de la Martinique où il enveloppa le convoi français qui se composait de cinquante bâtiments du commerce et transports, avec cinq mille hommes de troupes à bord, escortés par les frégates *Cérès* et *Constante*. Six ou sept navires seulement échappèrent au naufrage. « Les bâtiments du convoi disparurent; » telle est l'expression laconique dont se servit le gouverneur de la Martinique dans son rapport. Le tourbillon de l'ouragan passa de là sur Puerto-Rico, où le *Deal Castle* fit naufrage, à l'île de Mona où, dans la matinée du 15 octobre, il enveloppa la flotte marchande anglaise, escortée par l'*Ulysse* et la *Pomona*, à laquelle il fit des avaries considérables. Après quoi il passa sur la Caye d'Argent, où il coula le *Stirling Castle*. On ignore dans quel endroit se perdit le *Thunderer*, qui portait le pavillon du commodore Walsingham, et qui allait de Sainte-Lucie à la Jamaïque. L'ouragan tourna ensuite au N. E. où, par 26° N., il enveloppa la division de l'amiral Rowley, qui avait été dématée par l'ouragan de Savannah-la-Mar, et qui se composait du *Trident*, *Ruby*, *Bristol*, *Hector* et *Grafton*; malheureusement elle faisait route du côté Ouest de l'ouragan droit vers son centre. De là il tourna vers les Bermudes, s'étendant probablement dans l'Atlantique au moment où sa largeur était la plus grande. Le *Berwick*, qui re-

tournait en Angleterre, et qui avait été désemparé par le premier ouragan, fut encore assailli près des Bermudes. Une esquisse de l'*Egmont*, faite par un de ses officiers et reproduite dans l'ouvrage de Reid, donne une excellente idée de l'état des navires. Mais la rage destructive de l'ouragan ne fut pas moindre à terre. Neuf mille personnes périrent à la Martinique; mille à Saint-Pierre seulement, où il ne resta pas une seule maison debout, car la mer s'éleva à une hauteur de 7^m 5, et cent cinquante maisons disparurent instantanément le long de la plage. A Port-Royal, la cathédrale, sept églises et mille quatre cents maisons furent renversées, et mille six cents malades et blessés furent ensevelis sous les ruines de l'hôpital; on ne put en sauver qu'un très-petit nombre. A la Dominique, presque toutes les maisons qui étaient près de la plage furent emportées, et la boulangerie royale, le magasin et une partie des casernes furent détruits. A Saint-Eustache, sept bâtiments furent mis en pièces sur les rochers de la pointe Nord, et des 19 qui coupèrent leurs amarres et qui gagnèrent le large, un seul retourna au port. A Sainte-Lucie, six mille personnes périrent : les plus fortes constructions furent arrachées de leurs fondations; un canon fut transporté à plus de 30 mètres, et des hommes ainsi que des animaux furent enlevés du sol et jetés à plusieurs mètres de distance. La mer monta à une si grande hauteur, qu'elle démolit le fort, et renversa un bâtiment contre l'hôpital de la marine qui fut écrasé sous le poids. La couche de corail du fond de la mer fut soulevée, et ses débris portés si haut, qu'on put les voir au-dessus de la surface de l'eau. La profondeur du port augmenta de 1^m 8 et plus dans quelques endroits. Des six cent maisons de Kingstown, dans l'île Saint-Vincent, quatorze seulement restèrent debout; et la frégate française la *Junon* se perdit. Sir G. Rodney dit dans son rapport officiel :

« Il est impossible de décrire l'horreur des scènes qui eurent lieu à la Barbade, et la misère de ses malheureux habitants. Je n'aurais jamais pu croire, si je ne l'avais vu moi-même, que le vent seul pouvait détruire aussi complètement une île si remarquable par ses habitations nombreuses et solides, et je

suis convaincu que sa violence seule a empêché les habitants de ressentir les secousses du tremblement de terre qui a certainement accompagné l'ouragan. Un tremblement de terre a pu seul arracher de leurs fondations les constructions les plus solides. La dévastation est complète, car l'on m'a bien assuré que toutes les églises et toutes les maisons ont été détruites. »

Dans les îles sous le vent, les personnes qui habitaient le palais du gouvernement cherchèrent un refuge au centre des constructions, pendant le fort de la tempête, pensant que l'épaisseur énorme des murs (ils avaient 0^m9) et leur forme circulaire les préserveraient de la fureur du vent; à onze heures et demie elles étaient forcées de se réfugier dans la cave, le vent ayant pénétré partout et arraché presque tous les toits; mais l'eau montant à une hauteur de 1^m2 dans la cave, il fallut se sauver dans les batteries où chacun chercha un abri sous les canons, dont quelques-uns furent déplacés par la force du vent. L'ouragan était si fort que, *secondé par la mer*, il porta un canon de 12 du S. au N. de la batterie, ou à une distance de 126 mètres¹. Au jour, la campagne avait le même aspect qu'en hiver : il ne restait plus une seule feuille ni une seule branche aux arbres.

La colère des hommes s'arrête devant une semblable lutte des éléments. Lorsque le *Laurier* et l'*Andromède* se perdirent à la Martinique, le marquis de Bouillé mit en liberté les vingt-cinq marins anglais qui avaient survécu au naufrage, en écrivant au gouverneur anglais de Sainte-Lucie, qu'il ne voulait pas garder prisonniers des hommes tombés entre ses mains pendant une catastrophe commune à tous.

Nous allons parler maintenant des ouragans lorsqu'ils entrent dans la zone tempérée.

On explique le changement de direction de la route des tempêtes, qui était S. E. dans la zone des alizés et qui devient S. O.² en sortant de cette zone, par ce fait que, dans la dernière partie de leur route, la direction dominante du vent est le S. O., tandis que dans la première partie les vents de N. E. s'opposaient à leur marche. La direction du vent dans la zone

¹ Sur son affût, sans doute, qui avait des roues.

² C'est-à-dire que la tempête marche d'abord du S. E. au N. O., puis du S. O. au N. E. (*Trad.*)

tempérée est variable. Il en résulte que des phénomènes semblables à ceux observés dans la zone torride ne peuvent se produire dans la zone tempérée que quand la direction dominante du vent y est S. O. avant que l'ouragan pénètre dedans. Conséquemment, la coïncidence des minima barométriques avec les tempêtes ne peut avoir lieu que quand ces conditions sont remplies. Cette coïncidence est très-remarquable pour le minimum du 24 décembre 1821, qui a été décrit ci-dessus. En novembre et décembre, la direction moyenne du vent était le S. O. à Penzance, Londres, Bushey Heath, Cambridge, New-Malton, Lancastre, Manchester, Paris, Brest, Dantz, Königsberg, etc., et, d'après la *Bibliotheca Universalis*, 19, 20, un vent de S. O. d'une intensité plus ou moins grande souffla sur la région centrale de l'Europe occidentale.

Nous avons expliqué déjà pourquoi le diamètre du cyclone doit augmenter et son intensité diminuer lorsque sa route change de direction¹; d'un autre côté, il est évident que cette intensité augmentera de nouveau si un grand cyclone engendre par une cause quelconque des cyclones plus petits. C'est ce qui a eu lieu pour le cas du minimum du 24 décembre dans la Méditerranée, où la masse d'air, arrêtée dans sa marche par les montagnes de l'Espagne et les Alpes maritimes, reçut une nouvelle impulsion violente autour de ces points comme nouveaux centres. Cela explique pourquoi la violence de cet ouragan fut si extraordinaire dans ces régions comme auprès de son centre. Ainsi on écrivait de Brest, le 26 : « Pendant la semaine dernière, nous avons vécu au milieu d'ouragans qui n'ont cessé de rugir avec une fureur sans pareille. » Les inondations dépassèrent tout ce qu'on avait vu à Londres depuis 1809 ;

¹ Il est impossible de connaître le rapport entre les intensités des ouragans des zones torride et tempérée, en l'absence d'observations faites avec des anémomètres de même construction. L'intensité moyenne, en milles par heure, trouvée à Liverpool de 1852 à 1855, a été : hiver 15.6; printemps, 12.1; été, 11.8; automne 11.5; année, 12.75. Le maximum a été 62, le 9 janvier 1852. Les observations de Kew ont donné 10.36 milles pour 1856, et 9.76 pour 1857, ou comme résultat moyen 10.06 milles par heure. En 1857 le résultat moyen a été, à Liverpool, 11.5; à Kew, 9.76, à Oxford, 9.76; ce qui donne une moyenne générale de 10.51 milles par heure.

à Portsmouth, il fit un coup de vent du S. S. E. comme on n'en avait pas éprouvé depuis longtemps. La mer s'éleva à une hauteur énorme pendant ce vent. Les désastres furent considérables dans la Méditerranée. De Livourne à Barcelonne, d'énormes dominages furent constatés. Sur les pentes Sud des Alpes, des torrents de pluie inondèrent Venise, Gênes et Nice. A Appenzell, on ressentit une tempête comme jamais on en avait vu auparavant, et la fureur de l'ouragan fut surtout très-grande dans les vallées, parce que les montagnes arrêtaient la marche du vent, de telle sorte que le baromètre, sur leur pente Sud, s'éleva subitement à une plus grande hauteur que sur leur pente Nord.

Nous voyons conséquemment que les minima barométriques de la zone tempérée qui sont produits par les cyclones entrant dans cette région se distinguent de ceux de la zone torride par la direction de leur route, et par la surface plus grande qu'ils embrassent et sur laquelle on les ressent. Dans le cas du minimum du 2 août 1837, la différence de pression barométrique entre Saint-Thomas et Puerto-Rico a été de $33^{\text{mm}}78$, la distance étant 100 milles à peine; tandis que le 24 décembre 1821, la différence entre Brest et Bergen n'était que de $27^{\text{mm}}07$, le minimum absolu étant, le même dans les deux ouragans. Le 21 mai 1823, à bord du *Duke of York*, sur la côte de Hidgelee, le baromètre étant à $733^{\text{mm}}19$, baissa au-dessous de $672^{\text{mm}}30$ entre huit heures et onze heures du matin, différence $60^{\text{mm}}89$ en trois heures, d'après le baromètre et le sympiesomètre; c'est-à-dire que le fluide disparut pendant une demi-heure dans les caisses des instruments et au-dessous des échelles. La baisse observée à Calcutta en même temps ne fut que de $18^{\text{mm}}03$. Nous voyons par conséquent que, dans la zone torride, la baisse du baromètre qui précède le minimum aussi bien que la hausse qui le suit est beaucoup plus rapide que dans la zone tempérée.

Si nous examinons la diminution totale de pression, nous la trouverons plus étendue dans la zone tempérée que dans la zone torride. On peut comparer la première à une large vallée avec des côtés en pentes douces, et la dernière à un ravin profond et abrupt. Il doit y avoir aussi dans la zone tem-

pérée quelque autre cause qui contribue à produire la raréfaction, en outre de celles qui existent dans la zone torride. On la trouve dans la température élevée que l'air porte avec lui, dans sa marche rapide vers les hautes latitudes; et cet effet a été très-remarquable le 24 décembre 1821. A Tolmezzo, le thermomètre monta à $31^{\circ} 2$ à l'ombre; à Genève, il monta rapidement de $6^{\circ} 2$ dans la nuit du 24 au 25, et il était au niveau le plus élevé, $+ 15^{\circ} 9$, à $1^h 30^m$ dans la matinée du 25. Semblablement, on observa un degré inusité de chaleur à Boulogne, Paris et Hambourg. Il est évident que, tandis qu'un courant si chaud passe sur l'Europe en allant vers le pôle, le courant polaire déplacé doit pénétrer dans le S. en un point quelconque. Par l'effet de la rotation du cyclone, nous devons nous attendre à trouver ce courant en Amérique, ainsi que l'indiquent effectivement nos observations. Le 24 décembre, le thermomètre était à $- 12^{\circ} 7$, et quelques jours après à $- 17^{\circ} 7$ à Salem, Massassuchetts, sur la latitude de Rome; et tous les rapports de l'Amérique font mention d'un froid extraordinaire.

Les phénomènes de cette nature ne se produisent pas dans l'hiver seulement. L'ouragan qui ravagea Saint-Thomas et Puerto-Rico le 2 août 1837 fut suivi au milieu du mois et le 21 par deux tempêtes très-violentes qui sont entièrement décrites dans l'ouvrage de Reid. Pendant cette période, la chaleur fut extraordinairement grande en Europe; de violents orages avec tonnerre et des torrents de pluie tombèrent dans différents endroits. A Messine, la température s'élevait à $37^{\circ} 3$ du 10 au 20 du mois; à Naples, entre 35° et $37^{\circ} 5$; à Rome, elle était de $37^{\circ} 5$ le 12. Dans les vallées du Roth et de l'Emme les rivières, grossies par des torrents de pluie (*Volkenbrüche*), roulèrent des blocs de roches du poids de 3 tonneaux¹; en Silésie et dans le Mark-Brandebourg, la chaleur fut très-accablante. Cependant en Gallicie et en Prusse, cette chaleur extraordi-

¹ Il existe dans la vallée de l'Emme une vieille légende dans laquelle il est dit qu'un serpent monstrueux reste caché pendant des siècles dans les ravins de l'Hohgant, mais que, quand il se réveille, il se précipite dans la vallée avec une fureur incroyable. Il est facile de reconnaître dans cette description le torrent de la montagne, qui lorsqu'il est grossi par les pluies se précipite dans les sinuosités de la vallée. Aucun être vivant ne se rappelait avoir vu ce torrent ou en avoir

naire fut suivie vers la fin du mois par un temps remarquablement froid qu'on avait déjà ressenti dans l'Amérique pendant la grande chaleur de l'Europe. A Rochester, dans l'État de New-York, il y eut de la gelée blanche le 4 août, phénomène inusité dans cette saison.

Si nous sommes disposés à reconnaître dans ces phénomènes météorologiques de la zone tempérée l'influence des perturbations de l'atmosphère tropicale se succédant rapidement l'une à l'autre, nous verrons en même temps pourquoi toute déviation dans la rotation du vent de la direction S. O. N. E., qui est conforme à la Loi de Giration, doit être un signe de perturbation dans le temps. Ce fait a été remarqué par presque tous les observateurs qui ont examiné avec soin les rapports existant entre la direction du vent et les conditions du temps. La rotation de la girouette produite par un cyclone aux points situés à son côté N. O. est dans la direction N. O., O., S. O., tandis que, dans le cours ordinaire des choses, elle devrait être dans une direction contraire, soit : S. O., O., N. O.

Lloyd¹ a conclu de ces circonstances que les cyclones éclataient beaucoup plus souvent en Irlande qu'on ne le supposait. Martin, dans un mémoire sur les tempêtes de l'équinoxe de mars, avril 1850 : *An Enquiry into the Extent to which the Rotatory Theory may be applied*, 1852, a donné un

entendu parler depuis 1764, jusqu'en août 1857. Le joli conte *Die Wassersnoth im Emmethale vom August 15, 1837*, par l'auteur du *Bauernspiegel*, contient un récit très-complet de cette grande catastrophe de la nature.

¹ *Notes on the Meteorology of Ireland, deduced from the Observations made in the year 1851, under the direction of the Royal Irish Academy*, par Rev. H. Lloyd, D. D. Trans. R. I. A xxii, 411. Cet auteur détermine la position du tourbillon à chaque instant, comme suit : « Si y et x indiquent les distances (en milles géographiques) du lieu de l'observation à quelque point central supposé, mesurées sur le méridien, et sur la perpendiculaire au méridien respectivement; y' et x' , les coordonnées correspondantes du centre du tourbillon, et θ , l'angle que la direction du vent à ce point (y, x) fait avec le méridien, mesuré du N. à l'E.,

$$y - y' + (x - x') \tan \theta = 0.$$

La direction du vent étant perpendiculaire à la ligne qui réunit les points (y, x) et (y', x'), y' et x' sont déterminées en combinant les équations de la forme précédente pour chacune des stations, par la méthode des moindres carrés. »

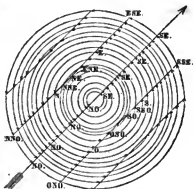
résumé remarquable des routes des tempêtes dans l'océan Atlantique Nord pendant la période assignée.

Redfield a fait de même pour la partie Nord de l'océan Pacifique, dans ses *Observations in relation to the Cyclones of the Western Pacific Ocean*. Sur sa carte, nous ne trouvons exactement tracé qu'un cyclone marchant dans la zone torride du S. E. au N. O. et dans la zone tempérée du S. O. au N. E., soit le cyclone du Mississippi du 3 au 8 octobre 1854. Pour tous les autres cas, il n'a pu avoir qu'une seule preuve de la marche des cyclones du S. E. au N. O. dans la zone torride ou du S. O. au N. E. dans la zone tempérée. Le fait qu'ils commencent à souffler du S. E. sur la côte de Californie s'accorde avec l'hypothèse que ce sont des cyclones, parce que cette direction du vent serait celle que l'on observerait en avant d'un cyclone qui avance dans une direction perpendiculaire à la côte. Quant aux typhons qui battent la côte de Chine dont ils approchent en venant du S. O., le point où ils changent de route doit être sur le continent, et on ne peut suivre leur marche subséquente dans la zone tempérée que dans les mers du Japon. Ces typhons sont souvent accompagnés de grandes inondations des terres par les mers, dont l'ouvrage de Macgowan¹ contient de nombreux détails pris à des sources chinoises. En 1748, 20,000 personnes périrent par une inondation de la mer pendant une tempête de cette nature. On sait qu'elles soufflent avec une grande violence même à la limite Est de la zone des moussons, car pendant celle qui passa sur l'île de Guaru, l'une des Mariannes, en septembre 1853, plus de 8,000 personnes restèrent sans abri, les toits de toutes les maisons ayant été enlevés dans l'espace de 20 minutes.

Il est en outre évident qu'il n'est pas absolument nécessaire pour établir un rapport entre une tempête de la zone tempérée et un cyclone qui a pris naissance dans la zone torride, et auquel elle doit son origine, de le considérer comme un minimum avançant continuellement dans les couches inférieures de

¹ *On the Cosmical Phenomena observed in the neighbourhood of Shanghai during the past Thirteen Century*. Journal de la North China Branch publié par la Société royale asiatique, 1860, II, 55.

l'atmosphère. Nous avons dit (page 33) que les vents de S. O. dominaient dans les couches supérieures entre les tropiques ; de sorte que la partie supérieure d'un cyclone se trouvera tout d'abord dans des conditions d'identité que sa partie inférieure n'éprouvera que lorsqu'elle sortira de la zone des vents alizés. Il en résulte que la partie supérieure se dilatera en même temps qu'elle marchera dans une direction différente de celle de la partie inférieure. On trouve une excellente preuve de cette coïncidence, que j'avais déjà signalée en 1842 dans l'ouragan de la Havane, du 12 octobre 1846, décrit p. 196¹ ; on y voit aussi l'effet de la diminution de pression. L'ouragan du



17 octobre de la même année, qui passa dans le S. de la France, et qui fut accompagné par des torrents d'eau et d'une pluie de poussière présenta les mêmes phénomènes. La description de cette tempête par Lortet a une grande ressemblance avec celle d'un typhon des tropiques.

« La tempête de la Verpillière, entre Lyon et Grenoble, souffla en passant sur la chaîne des montagnes de l'Ardèche, le vent au N. O. Depuis 7 heures du matin le 17 octobre, le ciel se couvrit extraordinairement sur Grenoble. Les bouffées du siroco ou S. E. étaient étouffantes ; il tombait une pluie couleur

¹ La baisse du baromètre pendant chaque heure, si nous comptons le temps depuis la période où le centre atteignit la ville, est comme suit (millimètres) :

Entre 12 et 6 heures avant...	1.935	Entre 4 et 2 heures avant...	7.366
— 9 6 — . . .	1.600	— 3 et le tourbillon...	10.084
— 6 3 — . . .	2.616	— 2 „ — . . .	12.446

Conséquemment dans les quatre heures qui ont précédé immédiatement le passage du tourbillon, la baisse du baromètre avait été de 39^{mm}62, et dans les deux dernières de 24^{mm}89 environ.

de sang, mêlée à une poussière rougeâtre qui couvrit les diligences près de Lyon d'une couche de 2 à 4 millimètres d'épaisseur. D'après Dupasquier, il faisait calme dans ce moment, où le vent était du S. et très-faible. La pluie ne fut pas excessive; mais l'aspect du ciel étoit effrayant. Deux bandes de nuages, l'une dans le S., l'autre dans le N. O., semblaient être les foyers de la tempête. Le vent changeait de minute en minute; des éclairs d'un éclat extraordinaire traversaient le ciel horizontalement, mais pas verticalement, embrassant dans leur parcours plus des deux tiers de l'horizon. A chaque éclat, les oiseaux de passage redoublaient leurs cris de terreur. Dans les rues, dans les appartements ouverts et dans les cheminées, les habitants prirent des canards, des cailles, des grives, des rossignols, des nigauds et autres oiseaux. »

La baisse du baromètre aux différentes stations est donnée dans la table suivante :

Bordeaux....	du 13 au 16	18.88	millim.	etil monta jusqu'au 20 de	18.05	mill.
Toulouse.....	— 12 —	16.65	—	—	—	16.25 —
Marseille....	— 10 —	18.21	—	—	—	13.80 —
Privas.....	— 10 —	19.10	—	—	—	14.10 —
Lyon.....	— 9 —	18.28	—	—	—	15.52 —
Genève.....	— 10 —	17.53	—	—	—	12.49 —
Saint Bernard	— 11 —	18.17	—	—	—	11.26 —
Dijon.....	— 10 —	17.60	—	—	—	12.40 —
Paris.....	— 15 au 15	15.26	—	—	—	12.89 —

Une analyse au microscope d'Ehrenberg n'a rien fait découvrir ni à la surface, ni dans l'intérieur de la poussière tombée en cette occasion, qui pût faire croire qu'elle venait de l'Afrique. Au contraire, différents corps qu'on y trouva en masse ou en grande quantité appartenaient à l'Amérique du Sud. Cette poussière ne pouvait pas venir de l'intérieur d'un continent, mais elle avait pu être apportée du bord de la mer (si nous pouvons admettre qu'elle provenait toute du même endroit), parce qu'elle contenait des corps marins ¹.

Le cas que je viens de décrire forme une introduction naturelle aux considérations sur les tempêtes qui prennent naissance en dehors de la zone des vents alizés.

¹ *Berichte der Berliner Akademie der Wissenschaften*, 1846, p. 227.

II. — TEMPÊTES QUI PRENNENT NAISSANCE A LA LIMITE EXTERIEURE DE LA ZONE DES VENTS ALIZES.

Dans les pages qui précèdent, nous avons attribué les ouragans des Indes-Occidentales à la rencontre d'un courant latéral oblique avec l'alizé supérieur lorsqu'il revient de l'équateur, et dont quelques parties, forcées d'entrer dans les couches inférieures de l'atmosphère, y rencontrent un vent permanent qui souffle dans une direction contraire, et produisent ainsi un cyclone. Le courant supérieur descend à la surface de la terre en dehors de la zone de l'alizé; il y est permanent dans divers endroits et à différentes époques, tandis que le courant inférieur qui marche dans la direction contraire n'est pas constant. Les conditions nécessaires pour que les courants se rencontrent se présenteront donc constamment dans ces endroits, mais ils seront directement contraires, de sorte qu'ils arrêteront seulement leur marche réciproque. Dans ce cas, une rotation partielle indique seulement que l'un des courants a enfin vaincu la résistance de l'autre, mais qu'il peut être encore repoussé à son tour; et dans ces circonstances, le courant équatorial chaud produira une baisse considérable du baromètre, parce qu'en pénétrant dans des régions plus froides, il perd par des décharges successives de pluie l'humidité qu'il a portée avec lui. On observera cette baisse le long d'une ligne perpendiculaire à la direction du courant, plutôt qu'au centre d'une masse d'air en rotation. Dans les cyclones, la hauteur du baromètre augmente dans toutes les directions à partir du centre; dans le cas que nous examinons, le baromètre montera à une grande hauteur sur un espace très-étendu, affecté par le courant polaire, qui a été arrêté dans sa marche. Cette différence entre ces deux espaces, avec des niveaux barométriques respectivement élevés et bas, sera aussi marquée par de grandes différences de température entre les régions en question.

La recherche des phénomènes de cette nature exige des ob-

214 TEMPÊTE PRODUITE PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

servations faites dans une grande quantité de stations et répandues en aussi grand nombre que possible sur un vaste espace. Dans l'examen de la classe précédente de tempêtes, nous avons tiré nos renseignements principalement des journaux des navires, mais dans celle-ci nous sommes forcé par la nature des cas de nous occuper principalement des observations faites à terre. Dans un grand ouvrage que j'ai publié en 1856¹, j'ai décrit longuement plusieurs de ces mélanges et de ces luttes entre deux courants contraires; je vais en extraire quelques cas.

LA LUTTE DES COURANTS CONTRAIRES EN JANVIER 1850.

Le mois de novembre 1849 avait été très-chaud dans toute l'Allemagne, mais à la fin du mois on éprouva dans la Russie d'Europe et dans l'E. de l'Allemagne un froid très-intense accompagné de vents d'Est. Ce froid fut interrompu pendant un court intervalle au milieu de décembre par des vents de S. et d'O.; mais vers la fin de l'année il recommença, et en janvier il atteignit avec des vents d'E. dans l'Allemagne Orientale un degré d'intensité dont on n'avait jamais ressenti les effets dans plusieurs des stations depuis qu'on avait commencé les observations. A Posen le thermomètre descendit à $-36^{\circ} 5$; à Bromberg à $-36^{\circ} 7$ le 22. A Vienne, dans la nuit du 22 au 23, le thermomètre était à $-25^{\circ} 5$, le plus bas qu'on l'ait vu depuis 1775.

Si nous examinons l'étendue horizontale de ce degré de froid inusité, nous trouvons que depuis son maximum dans les provinces Ouest de la Prusse, à Posen (Silésie), et en Bohême, on observa une diminution continuelle de tous les côtés. Dans le S. de l'Europe elle fut encore plus considérable, puisqu'à Constantinople il tomba de la neige qui atteignit une épaisseur de quelques pieds, et le 21 janvier la température fut de -15° dans cette ville. A Césarée elle fut de -18° le 25; à Simpheropol de -25° , et sur la côte Sud de la Crimée de

¹ *Darstellung der Wärme-Erscheinungen durch fünftägige Mittel von 1782 bis 1853, mit besonderer Berücksichtigung strenger Winter.* Berlin, 1856, in-folio, 113 pp.

— 17° 5. A Salonique des hommes et des bestiaux moururent gelés, et à Smyrne l'hiver fut si froid que personne ne se rappelait en avoir vu un semblable. Le Vésuve et toute la chaîne des montagnes depuis Castellamare et Sorrente jusqu'au cap Minerve et Capri étaient couverts de neige, ainsi que le cap Bon et l'île Pantelerie ; la neige tomba même à Tripoli, et des gazelles moururent de froid dans le désert.

Il semble qu'il existait une couche d'air plus chaud au-dessus de ce courant polaire de glace, car le jour où l'on observait le minimum de température de — 27° 5 à Heiligenstadt, la température à Brocken, qui est à 1,094 mètres au-dessus de la mer, était de — 13° 1 ; à Schlegel, dans le Grafschaft de Glatz, le minimum de la température était de — 33° 7 le 22 ; à Pischkewitz il fut même plus bas, — 37° 5, tandis qu'à Wünschelburg cette matinée d'hiver fut si douce que quelques personnes firent en partie de plaisir une excursion à Glatz qui est à un niveau plus bas, et elles ne pouvaient comprendre comment il y faisait aussi froid. On observa les mêmes faits en Carinthie, où à Klagenfurth, situé à une hauteur de 421 mètres, le minimum de la température fut de — 28° 1 ; à Sagritz, situé à une hauteur de 1,095 mètres, il fut de — 17° 50 et sur l'Obir, à un niveau de 1,581 mètres, il fut de — 18° 1. Pareillement à Schöneberg qui est à pied du Thurmberg et à 239 mètres au-dessus de la mer, le minimum n'était que de — 23° 2, tandis qu'à Conitz il était de — 27° 7 ; et à Bromberg, situé à un niveau encore plus bas, il était de — 36° 5.

L'air chaud commença alors à descendre, et nous trouvons une description très-exacte de la permanence du courant polaire et du conflit du courant du S. avec l'air froid et dense qui était au-dessous, dans les observations suivantes, faites à Vienne :

« Le 19 janvier, le vent étant au N. O., il tomba de la neige qui atteignit une épaisseur de 1^m 7 ; le baromètre baissa très-rapidement, et la température descendit presque jusqu'à 0°. A 11 heures du soir, le baromètre qui était à 731^{mm} 54 commença à monter très-rapidement, tandis que le vent passait au S. E., et le thermomètre descendit à — 7° 6 avant le matin. Le baromètre monta jusqu'à 11 heures du matin le 22, jour pendant lequel on observa si généralement le maximum du baromètre et le mini-

mun du thermomètre. Le changement de niveau dans les deux jours fut $34^{\text{mm}}34$; le vent passa au N. et au N. N. E.; la température descendit à $-15^{\circ} 5$ dans la nuit du 20. au 21 et avant le 22 à $-21^{\circ} 7$. Simultanément avec ce changement de température le temps s'éclaircit le 22 et se maintint au beau, avec quelques légères interruptions jusqu'au soir du 23. Le 22 au milieu du jour, le baromètre se maintint pendant 3 heures environ à $758^{\text{mm}}74$; il commença à baisser le 23 à 11 heures du matin, d'abord doucement, mais ensuite aussi rapidement qu'il était monté, avec une vitesse de $1^{\text{mm}}270$ par heure, et il continua à baisser jusqu'à 4 heures du matin le 24, moment où il recommença à monter. Pendant cette dernière période, la température continua d'abord à baisser, et elle atteignit le niveau presque extraordinaire de $-25^{\circ} 5$ pendant la belle nuit du 23. Le vent était resté au N. N. E. jusqu'à midi le 23, moment où il sauta au N., puis au N. O., amenant une tempête de neige très-dangereuse de ce rumb. Cette saute de vent et cette baisse subite du baromètre, citée plus haut, furent accompagnées par une grande élévation du thermomètre, qui dans l'espace de 24 heures monta de $-23^{\circ} 05$ dans la matinée du 23 à $+0^{\circ} 12$. Le 24 le dégel commença franchement. La tempête de neige si violente du soir et de la nuit du 23 fut remarquable par la petite dimension des flocons qui ressemblaient beaucoup à de la grêle; et elle cessa par un orage à 11 heures du soir. Dans la nuit, il tomba $2^{\text{m}} 26$ de neige, épaisseur qu'on n'avait jamais vue dans cette ville. »

Puisque le thermomètre s'éleva de $23^{\circ} 7$ dans 24 heures depuis le matin du 23, il est probable que les « petits flocons de neige semblables à des grêlons » étaient de la nature de ceux que j'ai souvent observés et que j'ai décrits (*Witterungsverhältnisse von Berlin*, 1842, p. 20), comme suit : « Si le vent de S. s'établit très-brusquement, il tombe du verglas (*Glaitis*), c'est-à-dire des gouttes d'eau qui ont gelé en tombant. On peut voir alors le dégel sur le sommet des montagnes, tandis que le froid est très-intense dans les vallées. Dans ce cas, les habitants du Tyrol disent que « le vent du S. (*Fohn*) chasse le froid dans la vallée ! »

Quant à l'étendue de ce degré de froid inusité, produit par

le courant polaire, nous pouvons renvoyer le lecteur au « *Fünftägige Mittel*, » p. VIII. Il nous suffira ici de montrer la compression à laquelle l'air fut soumis dans l'espace en question. L'excès de hauteur du baromètre au-dessus de son niveau moyen le 21 et le 22 est donné en millimètres dans la table suivante pour les différentes stations :

	millim.		millim.
Königsberg.....	22.45	Francfort-sur-l'Oder.....	20.42
Posen.....	22.24	Breslau.....	20.47
Stettin.....	21.45	Cracovie.....	20.57
Bromberg.....	21.15	Prague.....	20.99
Conitz.....	20.84	Vienne.....	21.07
Cöslin.....	20.79		

Cette table montre que l'excès maximum suivait presque une ligne allant de Königsberg à Prague. A partir de cette ligne, l'excès diminue de chaque côté dans l'E. aussi bien que dans l'O. ainsi qu'on le voit ci-dessous :

Arys.....	19.46	Gotha.....	15.96
Tilsit.....	18.05	Heiligenstadt.....	15.79
Memel.....	17.88	Berlin.....	19.57
Varsovie.....	18.08	Postdam.....	18.85
Ratibor.....	19.35	Salzwedel.....	18.26
Neisse.....	16.07	Hinrichshagen.....	18.05
Torgau.....	18.60	Schwerin.....	17.72
Erfurt.....	19.10	Lübeck.....	16.40
Arnstadt.....	16.61	Copenhague.....	17.85

En allant dans l'O. du Hartz, nous trouvons :

Brocken.....	15.76	Bruxelles.....	15.42
Salzungen.....	15.41	Gand.....	15.39
Gütersloh.....	15.56	Namur.....	15.98
Paderborn.....	15.51	Rouen.....	15.74
Oldenbourg.....	15.88	Paris.....	14.57
Trèves.....	16.77	Versailles.....	14.57
Gütersdorf.....	16.56	Dijon.....	14.12
Neunkirchen.....	16.45	Rodez.....	15.02
Darmstadt.....	16.45	Toulouse.....	11.90
Francfort-sur-le-Mein.....	17.21	Marseille.....	15.50
Canstadt.....	16.56	Bordeaux.....	12.26
Stuttgart.....	14.04	Cherbourg.....	15.68
Aix-la-Chapelle.....	16.52	Londres.....	15.88
Cologne.....	15.56	Applegarth.....	4.74
Clèves.....	14.48	Dublin.....	15.17
Liège.....	16.05	Les Orcades.....	1.81

218 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

Si nous allons au S. du centre, nous trouvons :

	millim.		millim.
Hohenelb.....	19.50	Schemnitz.....	19.12
Senftenberg.....	17.93	Kremsmünster.....	18.10
Olmütz.....	19.70	Salzburg.....	16.22
Brünn.....	19.50	Saint-Paul.....	19.13
Königsgrätz.....	19.88	Klagenfurt.....	17.49
Leitmeritz.....	18.86	Sagritz.....	12.26
Pürglitz.....	18.13	Adelsberg.....	17.54
Smeczna.....	18.96	Trieste.....	16.23
Deutschbrod.....	17.41	Genève.....	13.86
Pilsen.....	18.10	Saint-Bernard.....	12.70
Winterberg.....	14.69	Milan.....	17.67
Stubenbach.....	13.58	Florence.....	18.30
Lemberg.....	13.37	Naples.....	12.10

Plus à l'E. et au N. nous trouvons :

Stockholm.....	+ 7.13	Slatoust.....	+ 5.68
Port Baltisk.....	+ 11.07	Catherinenbourg.....	+ 3.98
Saint-Petersbourg.....	+ 9.72	Bogoslawsk.....	+ 3.83
Lugan.....	+ 7.08	Césarée.....	+ 0.00

A Barnaoula la dépression fut de $-0^{\text{mm}}762$, à Pékin de -4.13 et à Nertschinsk de -7.05 .

Le 22, jour du maximum barométrique en Europe, le baromètre atteignait son niveau le plus bas dans les États de New-York et à Rhode Island; il était de $-18^{\text{mm}}64$ ce même jour à l'académie de Nord Salem.

D'après les observations barométriques dont une projection graphique est donnée par le professeur Espy dans le *Fourth Meteorological Report*, il y avait un minimum relatif le 20 à Washita, fort Gibson, Natchez, Memphis.

Le 21 au fort Laramie, fort Kearney, collège Beloit, Milwaukee, Grands Rapides, Springdale, Nashville, Pensacola, Lebanon, fort Brady, Détroit, Granville, Orbelin, New Concord, Marietta, Camden, fort Moultrie, Chapell Hill, Toronto, Buffalo, Cattack, Gettysbourg, Seneca Falls, Harrisbourg, Rochester, collège Newark.

Le 22 à Pompey, Stinnicke, casernes Madison, Lancaster,

* Au Saint-Bernard le maximum n'eut lieu que dans la soirée du 24.

Walterville, Burlington, Colombus, Westpoint, Albany, Newburgh, North Salem, Sing Sing, Salisbury, Ovid Plumb, Amherst, Burlington, New Haven, port Sag, Wesley, fort Adams, Southwick, Concord, Biddeford, mines d'Albion.

Nous voyons d'après cela que le minimum marcha du S. au N. en Amérique, tandis qu'en Europe, le maximum avançait du N. E. vers le S. O. A Jacobshafen, en Groënland, le minimum relatif eut lieu beaucoup plus tôt, soit le 21. La région sur laquelle la raréfaction a été observée n'embrasse pas tout le continent de l'Amérique du Nord; car la hauteur du baromètre à Sitka, dans l'Amérique russe, était de 7^{mm}78 au-dessus de la moyenne. La victoire du courant équatorial fit baisser le baromètre dans toute l'Allemagne d'une si grande quantité que son niveau était descendu de 44^{mm}18 avant le 26 et le 27 dans toute la Prusse et l'Autriche. Le champ de bataille des deux courants se trouva ainsi porté plus au N. et leur conflit est indiqué par la terrible tempête de neige qui éclata en Suède.

Siljeström ¹ a décrit cette rencontre des deux courants. Les diverses circonstances de la lutte furent signalées par des différences de température semblables à celles observées à Vienne. A Mariestadt le thermomètre monta de -23° à $+2^{\circ}$ 7 le 29, et il baissa de nouveau le même jour à -13° . A Lilla Edet le baromètre baissa de 35^{mm}58 entre le 27 et le 29, tandis que le vent du N. était remplacé par le S. O., et en même temps la température s'élevait de 25° ou de -23° 5 à $+1^{\circ}$ 5. Quand la tempête de neige éclata, le baromètre commença à monter, et il atteignit son premier niveau le 30, tandis que le thermomètre descendit à -16° 7.

Ce fut le dernier effort du courant polaire qui fut ensuite remplacé par le courant équatorial si complètement, que le 6 février le baromètre dans l'Europe centrale atteignit le niveau le plus bas qui ait été observé. A Berlin, le 6 février, il était 53^{mm}34 plus bas que le 21 janvier. A Stettin la différence fut de 56.38 et à Florence même de 35.71. L'élévation simultanée de la température fut si grande que, tandis que « la moyenne des cinq jours, » du 31 janvier au 4 février, fut de 13° 1 à Saint-

¹ On Snöstormen den 29 januari, 1850, dans son *Afhandlingar och smärre Uppsater i Fysiska och Filosofiska Aemnen*, 1857, p. 356.

220 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

Petersbourg, de 11°8 à Mitau, de 7°6 à Arys, au-dessous de sa valeur obtenue par une moyenne de plusieurs années d'observations, la moyenne suivante pour les cinq jours du 5 au 9 de février fut trop élevée de 3°15 à Saint-Petersbourg, 5°75 à Mitau et de 5°2 à Arys. L'accroissement de la température aux trois stations fut de 14°0, 13°9, et 10°9 respectivement. Ce courant équatorial fut si persistant que dans plusieurs stations du Nord de l'Allemagne, le baromètre n'atteignit son niveau minimum que le 22.

L'étendue de ce deuxième minimum est donnée dans la table suivante; sur tout l'espace observé il y eut un dégel avec les vents de Sud. Les chiffres indiquent la dépression en millimètres rapportée à la moyenne pour janvier, qui s'accorde presque avec celle de toute l'année.

	millim.		millim.
Christiania	45.56	Prague.....	25.44
Oldenbourg.....	39.03	Pürlitz.....	24.96
Copenhague.....	40.15	Smeczna	24.94
Lübeck.....	39.08	Schössl.....	25.50
Schwerin.....	38.96	Neisse.....	25.47
Sulzuflen.....	34.67	Olmütz.....	25.54
Gutersloh.....	34.05	Varsovie.....	25.41
Salzwedel.....	36.27	Londres.....	25.08
Stettin.....	34.92	Görsdorf.....	25.69
Hinrichsbagen.....	34.62	Stuttgart.....	25.41
Cöslin.....	34.89	Canstadt.....	22.98
Clèves.....	33.47	Pilsen.....	25.62
Paderborn.....	33.29	Königsgrätz.....	24.07
Gotha.....	33.05	Vienne.....	22.98
Postdam.....	35.52	Brünn.....	25.99
Berlin.....	31.87	Senftenberg.....	22.57
Bromberg.....	31.21	Ratibor.....	24.04
Conitz.....	31.14	Cracovie.....	22.93
Schöneberg.....	31.52	Saint-Petersb. urg.....	21.28
Danzig.....	30.62	Versailles.....	21.20
Königsberg.....	15.52	Salzbourg.....	20.54
Memel.....	30.25	Kremsmünster.....	20.62
Stockholm.....	30.88	Trieste*.....	21.56
Gand.....	28.16	Milan*.....	18.86
Cologne.....	28.16	Florence*.....	18.08
Brocken.....	28.32	Naples*.....	20.62

* A toutes les stations suivies d'une astérisque le minimum a eu lieu le 7.

	millim.		millim.
Heiligenstadt.....	30.50	Rouen.....	18.58
Mulhouse.....	30.86	Pessen.....	19.50
Erfurt.....	30.88	Schopfloch.....	18.54
Torgau.....	28.16	Ennabueurn.....	18.56
Frankfort-sur-l'Oder.....	28.15	Klagenfurt*.....	19.91
Posen.....	28.17	Sagritz*.....	17.03
Bruxelles.....	28.06	Stubenbach.....	18.61
Saint-Trond.....	28.03	Statoust.....	18.61
Liège.....	28.02	Cherbourg.....	15.89
Namur.....	25.63	Dijon.....	16.40
Aix-la-Chapelle.....	25.61	Toulouse.....	14.14
Görlitz.....	25.58	Genève.....	14.27
Breslau.....	25.59	Saint-Bernard.....	12.25
Arys.....	27.95	Bordeaux.....	8.62
Port Baltisk.....	27.99	Rodez*.....	7.97
Trèves.....	25.40	Barnaoul.....	1.64

Dans les stations suivantes le baromètre monta le même jour au-dessus de son niveau moyen des quantités ci-dessous :

Pekin.... + 1,066 Nertschinsk.. + 15.59 Salem (E. U.) + 15.58

La moyenne des cinq jours est relativement très-élevée sur toute la surface observée, à l'exception de l'Oural, où le froid ne fut pas interrompu : à Mitau l'excès fut de 5° 75 ; à Breslau de 4° 25, etc.

En opposition avec cette température élevée en Europe, le 6 février fut le jour le plus froid à Providence, dans l'Amérique du Nord, et celui où l'on observa le maximum barométrique de l'année (21^{mm}04 au-dessus du niveau moyen de l'année). Également à Cambridge, près de Boston, le baromètre monta de 21.15 au-dessus de son niveau moyen, avec un minimum thermométrique de — 19° 15. Le 6 à Savannah l'excès fut de 14^{mm}20 et la température la plus basse de — 3° 8 le 5. A Chapel Hill (Caroline du Sud) l'excès fut de 13^{mm}53, tandis que le thermomètre descendit à — 11° 2 le 5. A Muscatine, dans le Wisconsin, le maximum barométrique eut lieu le 3 février avec une température de — 25° 5. A Greenlake, la plus basse température fut — 25° 5 le 4. On trouve les mêmes résultats en examinant les courbes tracées dans le *Fourth Report*. Le maximum barométrique se montre dans les Etats de l'Ouest plus tôt que

dans ceux qui sont près de la côte de l'Atlantique, où cependant les oscillations eurent une plus grande étendue. Dans ces derniers Etats le baromètre fut très-bas à toutes les stations jusqu'au 3, moment où il monta brusquement à un maximum le 6. Ces faits nous offrent, sur une grande échelle, un exemple de compensation entre la distribution de la pression et la température dans une direction horizontale; et nous pourrions étudier ce phénomène plus complètement si les observations faites en Amérique avaient été publiées dans une forme pratique. L'*American almanack*, qui contient les valeurs numériques des moyennes mensuelles et les minima et maxima pour chaque mois du baromètre et du thermomètre, pour quelques stations, donne du reste plus de renseignements sur cette grande perturbation atmosphérique que les courbes de cinquante-cinq stations qui sont gravées sur de larges feuilles, et dont il n'est pas donné un mot d'explication dans les deux cent quarante pages in-4^e de l'introduction. Au lieu de publier un rapport ainsi que l'indique le titre, M. Espy ne parle que de lui et de sa théorie, dans laquelle il attribue la baisse du baromètre à la chaleur latente dégagée par la condensation de la vapeur pendant une ondée du « courant ascendant ». M. Espy m'invite à discuter sa théorie, je le ferais avec plaisir s'il voulait expliquer d'abord le fait que j'ai établi neuf ans auparavant, savoir : que les mouvements du baromètre et du thermomètre au côté Ouest de la rose des vents suivent une loi contraire à ceux du côté Est; fait qui en lui-même suffit pour réfuter sa théorie; ou même s'il voulait bien accorder quelque attention à mes publications sur ce sujet, ce qu'il n'a jamais daigné faire. Si nous rappelons que : les plus grandes condensations de vapeur aqueuse ont lieu dans les parties de la zone torride qui ne sont pas visitées par les ouragans, sans que le baromètre ait des mouvements très-sensibles; que, dans la zone tempérée, les oscillations barométriques sont plus grandes en hiver, saison pendant laquelle l'action du « courant ascendant » disparaît entièrement comparativement à celle des courants atmosphériques ordinaires; que, comme le prouve l'exemple cité plus haut, un minimum barométrique peut passer sur tout un continent dans une direction, tandis qu'un maximum

passer sur un autre continent dans une direction contraire ; que la courbe barométrique annuelle de l'intérieur des continents est d'une forme totalement différente de celle des côtes des océans ; ces phénomènes qui se présentent le plus communément nous montrent si clairement la nécessité d'établir une distinction entre le « courant ascendant » local et les grands courants horizontaux, toutes les fois que nous voulons discuter les phénomènes atmosphériques, que nous devons toujours supposer préalablement qu'il en est ainsi quand il s'agit d'une théorie qui doit embrasser les phénomènes de l'atmosphère. En parlant du fait par moi établi, que la raréfaction qui se produit sur l'Asie pendant l'été est la cause de la mousson, M. Espy me fait connaître (page 135) que le S. O. est la direction de la mousson de l'Inde, et que conséquemment elle ne souffle pas vers l'intérieur de l'Asie, oubliant comme toujours de tenir compte de l'influence exercée par la rotation de la terre autour de son axe. On pourrait parfaitement appliquer à cette objection les paroles de Redfield, qui, lorsque donnant mon adhésion à sa théorie j'affirmai que l'axe d'un cyclone qui marche était incliné en avant, répondit à M. Hare qui me reprochait d'avoir oublié que cette inclinaison soulèverait sa base en arrière : « Cette objection vaut à peine une réponse. » Je n'ai jamais répondu aux *Strictures on Professor's Dove Essay on the Law of Storms* par Hare, parce que longtemps auparavant, en 1828, j'avais publié une brochure sur les orages, où j'exposais longuement les raisons pour lesquelles je considère les phénomènes électriques qui accompagnent les grandes ondées comme des phénomènes secondaires seulement. Il était par conséquent inutile de discuter une théorie qui explique l'origine des tempêtes, en supposant l'atmosphère placée entre deux océans d'électricité de natures contraires, l'un terrestre et l'autre céleste.

La perturbation que nous venons d'examiner ne se termina pas en février, car il y eut des tempêtes violentes en mars et avril. Martin les a discutées entièrement dans son « Mémoire sur les tempêtes de l'équinoxe de mars-avril 1850 ; et dans ses Recherches sur l'étendue à laquelle on peut appliquer la théorie de la rotation. » 1852, in-8°.

TEMPÊTE DE NEIGE DE DÉCEMBRE 1850.

La tempête de neige qui a été décrite par Spassky nous offre un excellent exemple de ce type¹.

« Cette tempête dura de trente à quarante-huit heures, depuis le 9 jusqu'au 11 décembre, sans interruption. Le dégel avait précédé le coup de vent du N.-O., mais la première rafale fit baisser le thermomètre de 18° à 25° environ au-dessous de zéro, et si rapidement que les personnes surprises dans les rues moururent ensevelies sous des tourbillons de neige, quelques-unes même auprès de leur maison. Après la tempête, on trouva trois cent onze personnes mortes de froid dans le gouvernement de Kalouga, cent quarante dans celui de Toula, et trente-neuf dans l'arrondissement de Kursk. Il est probable que beaucoup d'autres ne furent pas découvertes à cause de l'épaisseur de la neige. Des maisons furent renversées, et même des chevaux, attelés à des traîneaux, moururent de froid. Cette révolution atmosphérique fut le résultat d'une lutte entre les deux courants d'air, lutte à l'aide de laquelle la théorie du professeur Dove nous permet d'expliquer la plus grande partie des phénomènes atmosphériques, et que quelques physiciens s'obstinent à nier encore, malgré des preuves aussi claires que celles données par cette tempête, qui ne pourrait être expliquée par aucune autre hypothèse. Pour nous convaincre que tous les phénomènes caractéristiques de l'atmosphère étaient en parfait accord avec la théorie du professeur Dove pendant cette tempête, nous n'avons qu'à nous reporter aux observations faites à Moscou. Avant le 6 novembre, le courant polaire ou N. avait régné dans cet endroit; le baromètre à 758^{mm}07, le thermomètre à —18° 12. Le 6, il fut remplacé par le courant équatorial; le baromètre baissait à 723^{mm}83 avant le 9, tandis que le thermomètre montait à —2°, et la girouette tournait par

¹ Note sur la tempête d'hiver qui a fait beaucoup de désastres à Kalouga, Toula et à Kursk entre les 9-11 décembre 1850.

le S. au S. O. Après que le courant polaire eut ainsi fait la première attaque, il réunit ses forces pour repousser l'ennemi qui l'avait fait reculer. Il fit calme dans la matinée du 9, puis des vents de N. jusqu'à onze heures; le baromètre montait de 723^{mm}83 à 740.36, et le thermomètre baissait de — 2° à — 21° 25. Le soir du 11, il y eut un nouveau calme; le 12, le courant équatorial s'établit de nouveau soufflant du S. O. Le thermomètre monta dans la matinée du 13 au-dessus de zéro, et le baromètre baissa le même jour à 726^{mm}68. »

TEMPÊTES EN DÉCEMBRE 1855 ET JANVIER 1856.

En novembre 1855, le siroco avait été remarquablement violent dans la Méditerranée, et les grandes pluies qu'il avait amenées avaient occasionné de grands dégâts, surtout en Sicile. Une circulaire du gouverneur, prince de Castelcicala, publiée le 22 novembre, évalue les dommages causés par l'inondation, dans les environs de Messine, à la somme de 5,000,000 de ducats et il sollicite des secours pour subvenir aux besoins des malheureux. A Cantazaro, le 17 novembre, l'ouragan détruisit les plantations de mûriers, la terre végétale ayant été emportée par l'inondation auprès des rivières. Jusqu'à la fin de novembre, les moulins restèrent tellement encombrés de vase, qu'on ne put pas s'en servir, et il en résulta une disette de pain. A Beyrie (département des Landes), il tomba 216 millimètres de pluie en dix jours, du 29 octobre au 5 novembre; soit, un tiers de la quantité moyenne qui tombe annuellement dans cet endroit. Pendant la tempête, il tomba à Ancone 39^{mm}87 de pluie le 19 novembre, 46^{mm}99 le 20, et 79^{mm}51 à Bologne le 10. En Morée, l'Eurotas s'éleva de 9 mètres dans une nuit, et tous les ruisseaux se changèrent en rivières et débordèrent. Une tempête terrible éclata à Sulina, embouchure du Danube, du 10 au 13 : treize navires furent jetés à la côte et huit se perdirent totalement. A Sébastopol, le 24, il fit un fort vent du S., la pluie tomba par torrents, et les routes furent transformées en lacs de boue dont on ne pouvait pas atteindre le fond. On ne trouve aucune trace de ces pluies abondantes dans le N. de

l'Allemagne ; le temps y fut extraordinairement beau pendant le mois d'octobre, et en novembre il ne tomba que la moitié de la quantité de pluie qu'il tombe ordinairement. On le voit très-clairement en comparant les quantités observées sur la pente Sud des Alpes avec celles observées en Bohême et en Gallicie. Ainsi, pour le mois de novembre, on a : 365 millimètres à Curzola; à Raguse, 272; à Valona, 253; à Santa-Magdalena (près Iliria), 329; à Trieste, 194; à Leibach, 241; à Santa-Maria (quoiqu'à une grande hauteur au-dessus de la mer), 241; tandis qu'à Prague, il y avait 13^m=46; à Cracovie, 14^m=73, et à Lemberg, 6^m=35. Le premier froid, entre le 2 et le 6 novembre, vint de l'O., de sorte que la neige tomba à Paris avant de tomber à Berlin; mais le plus grand froid vint du N. E. A Smyrne même, depuis le commencement de décembre, la pluie était tombée par torrents, le temps était étouffant et il y avait eu de nombreux orages et des tonnerres, tandis que le baromètre, dans la Prusse orientale, monta avec fixité, alors que le vent passait du N. E. à l'E.; le froid atteignait une telle intensité à Claussen, sur le lac de Spirding, entre Lyck et Arys, que la température du 2 au 6 décembre baissa de 17° au-dessous de son niveau normal, et le thermomètre se fixa à — 30°12 le 10. Le 11, à Zecken, près de Guhrau, en Silésie, la température était — 21°50. Le 13, les voitures de toute espèce passèrent la Vistule et le Nogat sur la glace, à Dirschau et à Marienbourg. Le froid fut relativement moins intense sur le Rhin, mais il s'étendit plus tard vers l'O. de la Poméranie, et dans le milieu du mois il devint moins intense dans toutes les stations occidentales, où à la même époque les vents d'O. dominèrent. En même temps, le baromètre montait à Memel de 39^m=34, c'est-à-dire de 741^m=58 à 780.92, entre la matinée du 16 et le soir du 19. A Königsberg, le baromètre montait de 39^m=6, tandis que le vent tournait graduellement du S. O. vers l'O., le N. O., le N. et l'E., et le thermomètre baissait si rapidement que la température moyenne du 16 fut 1°03, du 17 — 2°69, et du 18 — 18°89. A Cracovie, la température baissa de 32°75 (de 2°50 à — 30°25) entre le 16 et le 20; à Olerberg, de 30°12 (de 3°75 à — 26°37); à Brünn, de 28°62 (de 5°25 à — 23°37); à Lienz, de 27°25 (de 8°75

à $-18^{\circ}50$) ; à Klagenfurt, de 24° (de $3^{\circ}25$ à $-20^{\circ}75$). Néanmoins, dans toutes les stations du S., la température la plus basse eut lieu le 21. Elle s'étendit si loin dans le S., que, même à Nice, la température descendit au-dessous de zéro ce jour-là. Le courant polaire, qui avait fait monter le baromètre à une hauteur si extraordinaire, à cause de la résistance qu'il avait rencontrée, commença alors à pénétrer avec une violence irrésistible vers le Sud. Le 6, la mer Putride et une grande partie de la mer d'Azof, à Ienitsche, furent gelées, et le 16, le Danube se prit à Galatz, où la température était de $-21^{\circ}25$. A Odessa, le thermomètre descendit à $-32^{\circ}50$, et deux femmes, qui venaient en ville d'un village voisin, moururent de froid avant d'avoir perdu leur maison de vue. Le même jour, à Smyrne, le vent changea du S. au N., et le thermomètre descendit de $18^{\circ}75$ à $-1^{\circ}25$. De la soirée du 18 au 21, une tempête épouvantable du N. E. fit rage dans la mer Noire : des trente-six navires qui étaient partis de Sulina, treize piémontais, huit grecs, trois autrichiens et un toscan se perdirent, ainsi que trois cents hommes environ. Le 7 janvier, on ne connaissait pas à Galatz le sort des autres navires. On sut seulement qu'un nombre double de navires s'étaient perdus sur d'autres points de la mer Noire. Dans la nuit du 18, le thermomètre descendit de $8^{\circ}75$ à $-22^{\circ}50$ dans le S. de la Crimée, et s'établit à -15° le matin du 19, à Sébastopol. Quarante-cinq navires se perdirent dans ce dernier endroit ; parmi eux, le vapeur anglais *Caledonia* et le *Côrtés* américain. Un transport autrichien chargé de bétail entra dans la rade de Sébastopol, et fut coulé par le feu des batteries russes ; mais l'équipage fut sauvé et se réfugia dans les batteries françaises. A Kamiesh, quatorze navires furent jetés à la côte, et les corps des équipages, ballottés par la mer, ne purent être ensevelis que le 23 ou le 24. Des renseignements de Bombay font connaître aussi qu'il y eut un très-grand froid dans cet endroit le 17 décembre. Le 19, la tempête était si violente dans la Manche que toutes les communications entre Portsmouth et Spithead furent interrompues. Le *Queen of the South*, qui était en route pour Malte avec des troupes, fut forcé de mouiller à Spithead. Deux

228 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

bateaux à vapeur, l'un anglais et l'autre espagnol, coulèrent pendant cette tempête devant les côtes d'Angleterre. A Kilkee, sur la côte d'Irlande, la mer était encore très-grosse le 20, car pendant que quelques personnes admiraient le spectacle grandiose de la houle qui déferlait sur les rochers Puffing-Table-Hole, une lame monstrueuse enleva le lieutenant-colonel Peper et miss Smithwick, dont on ne retrouva jamais les corps. En Écosse, on observa un phénomène remarquable : les eaux de la Tweed, du Leithen, du Teviot, du Gala et du Doon baissèrent subitement le 19, et celles du Doon montèrent de nouveau à leur premier niveau le 22, entraînant une grande quantité de glace. Le 22 fut le jour le plus froid en Angleterre (température $-5^{\circ} 50$) ; à Greenwich elle fut de $-8^{\circ} 37$. On avait observé une baisse subite semblable des eaux dans le Teviot pendant l'hiver rigoureux de 1799, et également en novembre 1838. Pour expliquer ce phénomène, on suppose que les eaux sont arrêtées dans leur cours par les glaces. Le même jour, la Seine gela sur divers points près de Paris, et différents rapports signaient un froid inusité dans le S. de la France. Puisque le 20 fut le jour le plus froid dans la Prusse Orientale, le 21 dans le centre de l'Allemagne et le N. de l'Italie, et le 22 en Angleterre, nous pouvons suivre l'étendue graduelle du froid vers l'O. pendant l'écoulement de l'air froid, qui atteignit son maximum d'accumulation le 19. Dans la Manche et sur la côte Sud d'Irlande la tempête souffla du S. E.

Dans la table ci-contre, j'ai réuni les valeurs du maximum barométrique et du minimum thermométrique d'après les observations faites à différentes stations en France et en Allemagne. La hauteur du baromètre donnée est l'excès observé le 19 au-dessus du niveau moyen pour le mois ; la troisième colonne contient les températures les plus basses, et la quatrième les dates auxquelles cette température a été observée. Nous ferons seulement remarquer qu'outre les températures de Claussen et Zechen, données déjà, le minimum absolu était $-17^{\circ} 7$ le 12 à Neunkirchen, et $-18^{\circ} 7$ à Francfort-sur-le-Mein le 11.

ALLEMAGNE.

	Excès barométrique le 19.	Minimum de température.	Date du minimum de température.		Excès barométrique le 19.	Minimum de température.	Date du minimum de température.
Memel.....	21.64	— 20.5	18	Postdam.....	"	— 19.4	22
Tilsit.....	22.42	— 25.2	21	Salzwedel.....	22.37	— 17.7	21
Claussen.....	18.05	— 28.6	20	Torgau.....	20.16	— 19.0	22
Königsberg....	22.50	— 22.75	21	Halle.....	20.28	— 17.5	22
Hela.....	"	— 12.0	20	Ziegenrück....	18.30	— 22.8	22
Danzig.....	25.11	— 17.7	20	Erfurt.....	17.59	— 18.8	22
Schönberg.....	25.53	— 19.8	20	Mulhouse.....	18.56	— 20.2	22
Comitz.....	21.60	— 24.7	18	Heligenstadt..	17.78	— 19.4	21
Bromberg.....	"	— 21.2	20	Ballenstedt....	19.98	— 21.5	22
Posen.....	21.48	— 20.2	22	Broken.....	15.91	— 19.1	19
Cöslin.....	22.55	— 17.4	21	Clausthal.....	17.25	— 20.7	21
Colberg.....	22.01	— 19.6	22	Hanovre.....	21.74	— 17.5	21
Stettin.....	21.45	— 19.2	21	Lünebourg....	22.42	— 17.7	21
Hinrichshagen.	23.15	— 21.2	21	Otterndorf....	21.86	— 16.1	22
Putbus.....	22.91	— 18.7	22	Gütersloh.....	18.28	— 15.8	21
Wustrow.....	25.77	— 17.2	22	Paderhorn.....	17.52	— 17.2	21
Rostock.....	25.09	— 16.8	22	Münster.....	16.91	— 16.4	21
Poel.....	25.11	— 16.5	22	Lingen.....	20.01	— 16.0	21
Sülz.....	21.94	— 22.1	11	Emden.....	20.31	— 16.0	21
Goldberg.....	25.31	— 19.2	11	Clèves.....	17.44	— 16.0	21
Schwerin.....	25.55	— 16.7	21	Cologne.....	15.94	— 15.8	21
Schönberg....	25.77	— 16.7	22	Crefeld.....	16.98	— 14.2	21
Kiel.....	25.59	— 16.2	25	Boppard.....	15.84	— 17.6	21
Hambourg....	20.82	— 15.7	21	Kreuznach....	14.95	— 16.9	21
Breslau.....	22.04	— 18.7	22	Neunkirchen..	12.25	— 16.4	21
Zechen.....	22.21	— 20.2	22	Trèves.....	15.02	— 15.1	21
Görlitz.....	19.65	— 18.2	21	Francfort-sur- le-Mein.....	15.94	— 17.5	21
Francfort-sur- l'Oder.....	22.40	— 16.7	22	Giessen.....	17.04	— 19.7	22
Berlin.....	22.55	— 18.6	22	"	"	"	"

AUTRICHE.

Date du minimum de température.	Minimum de température.	Excès barométrique le 19.		Date du minimum de température.	Minimum de température.	Excès barométrique le 19.	
Hermansstadt..	14.78	— 21.2	15	Czernowitz....	23.69	— 25.4	20
Kronstadt.	14.90	— 16.7	20	Jaslo.	21.12	— 32.3	20
Zawalje.	11.60	— 17.2	20	Lemberg.	21.99	— 28.2	20
Fünfkirchen...	13.73	— 17.8	13	Rzeszow.	21.08	— 27.5	19
Schemnitz.	14.09	— 17.2	19	Kesmark.	11.98	— 30.0	20
Szegedin.	14.59	— 18.2	19	Cracovie.	20.87	— 30.2	20
Debreczin. . .	13.17	— 19.1	19	Gill.	10.46	— 21.7	9
Klagenfurt.	11.58	— 20.7	21	Brünn.	17.39	— 25.3	20
Tröpoiaeh.	11.83	— 21.9	21	Pürlitz.	19.27	— 20.2	22
Graz.	11.57	— 19.2	22	Schössl.	21.50	— 20.2	22
Linz.	12.29	— 20.2	20	Oderberg.	19.52	— 26.3	20
Kremsmünster. .	15.29	— 20.6	21	Senftenberg. .	17.95	— 26.2	4
Saint-Paul.	12.51	— 27.3	19	Trautenu.	18.64	— 23.7	4
Neusohl.	19.50	— 25.2	20	Leutschau.	16.83	— 25.0	20
Salzboung.	15.07	— 22.0	20	Leipa.	17.67	— 21.7	4
Saint-Jacob.	10.68	— 15.5	21	Wallendorf. .	15.49	— 20.5	18
Vienne.	17.57	— 18.9	20	Nelk.	15.91	— 19.0	20
Prague.	19.35	— 19.1	22	Gresten.	15.44	— 23.9	20
Bödenbach.	20.11	— 18.2	20	Wiltén.	9.49	— 26.4	21
Reichenau.	14.49	— 31.2	21	Kahlenberg.	15.10	— 20.5	19
Czaslau.	18.10	— 20.3	20	Tyrnau.	16.86	— 19.1	10
Olmütz.	20.74	— 22.7	20	Elischau.	16.17	— 24.0	4

BELGIQUE, ETC.

Date du minimum de température.	Minimum de température.	Excès barométrique le 19.		Date du minimum de température.	Minimum de température.	Excès barométrique le 19.	
Liège.....	15.10	— 16.2	21	Stavelot.....	15.63	— 19.1	22
Bruxelles.....	14.37	— 13.1	22	Ostende.....	13.03	— 11.5	22
Gand.....	14.29	— 15.0	22	Londres.....	10.82	— 8.3	22

FRANCE.

	Minimum de température.	Date du minimum de température.		Minimum de température.	Date du minimum de température.
Lille.....	— 12.5	22	Vendôme.....	— 10.1	21
Hendecourt.....	— 13.6	22	Nantes.....	— 4.2	20
Clermont.....	— 14.7	22	Grangeneuve.....	— 10.0	20
Les Mesneux.....	— 15.1	21	La Châtre.....	— 8.9	19
Metz.....	— 13.9	21	Bonrg.....	— 13.0	13
Görsdorf.....	— 16.9	21	Le Puy.....	— 15.7	13
Paris.....	— 9.7	21	Saint-Léonard.....	— 8.0	12
Marboué.....	— 10.6	21	Bordeaux.....	— 3.0	12

ITALIE.

	Minimum de température.	Date du minimum
Rome.....	— 2.50	21
Bologne.....	— 13.7	•
Ferrare.....	— 11.0	•
Ancône.....	— 4.1	•

A Lisbonne, on n'observa la hauteur maximum du baromètre, 11^{mm}04 au-dessus de son niveau moyen mensuel, que le 30, et le minimum de température 1° 59, le 6. A Funchal, île de Madère, l'excès barométrique minimum 9^{mm}97 a été observé le 23.

Si l'on considère la hauteur inusitée du baromètre et les phénomènes atmosphériques qui l'ont accompagné, le mois de décembre 1855 offre une similitude frappante avec le mois de janvier 1850, qui fut si remarquable par l'intensité du froid en Prusse. Ainsi, en 1850, le siroco, qui avait soufflé pendant longtemps, avait amené une pluie de neige rouge en Suisse, et, en 1855, il tomba également une pluie rouge, nommée « pluie de sang » dans le même pays. En 1850, le courant équatorial qui, en avançant vers le N., avait refoulé le courant polaire, fut repoussé à son tour, et ne put se frayer un passage qu'après

232 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

un second petit minimum barométrique. C'est également ce qui eut lieu en 1855. Le courant équatorial parut sur le Danube le 8 janvier 1856; le thermomètre monta brusquement de $-11^{\circ}25$ à 15° , aussi la débâcle fut-elle très-précoce. Ce même jour, en Allemagne, le baromètre atteignait sa hauteur minimum en janvier, et, également sur la frontière de Pologne, la température s'élevait de 1 degré au-dessus de zéro. A Lisbonne, ce minimum eut lieu le 6, et il fut de $29^{\text{mm}}97$ au-dessous de la hauteur moyenne du mois de décembre précédent. Le 6, en Allemagne, la température commença à baisser de nouveau, et le baromètre à monter pour atteindre un maximum le soir du 13. Le même jour la température baissa de 15° à -15° sur le Bas Danube avec un vent violent de N. E. Le changement de température en Crimée fut également remarquable. Le 12, à Sébastopol, le soleil était chaud et la température très-douce; le 13, la pluie tombait par torrents, et le soir il gela tellement que l'encre se glaçait sur les plumes et l'eau dans les casernes, le thermomètre ayant baissé à $-11^{\circ}29$, soit de 21° dans vingt-quatre heures. Immédiatement après ce maximum barométrique, qui fut le dernier effort de la lutte du courant polaire contre le courant équatorial, ce dernier refoula complètement le premier.

On éprouva sur toute l'Europe une température de printemps, et cela sur une si grande étendue, qu'à Stockholm la température, qui avait été de $-21^{\circ}5$ le 11, monta au-dessus de zéro avant le 15, et à Berlin elle ne fut jamais au-dessous de zéro entre le 16 et le 29 du mois. Le point de la Méditerranée où les deux courants se rencontrèrent dans cette circonstance fut plus à l'O. qu'au mois de décembre précédent; aussi on eut à déplorer des naufrages sur les côtes Sud d'Espagne et de la France principalement. Une tempête épouvantable se déchaîna sur la Méditerranée du 14 au 15: la mer monta considérablement à Cette; la digue du chemin de fer de Cette à Frontignan fut assez endommagée pour qu'on dût interrompre le trafic. Le 16, treize bâtiments se jetaient à la côte en vue de Gibraltar, et également à Cadix, à la Cortadura, au cap Trafalgar, à Conil, à Chichorra et à l'embouchure du Guadalquivir. La frégate anglaise *Apollo* se perdit pendant sa traversée de

Constantinople à Malte. Dans tous les endroits où le vent chaud du S., descendant des couches supérieures, entra en contact avec le sol, la vapeur aqueuse de ce siroco, qui, comme je l'ai prouvé depuis longtemps, n'est que le vent alizé à son retour des mers des Indes Occidentales, fut condensée, et produisit comme avant de grandes pluies.

En janvier 1856, il tomba 257 millimètres d'eau à Lisbonne dans vingt-neuf jours. En Espagne également, la pluie tomba pendant tout le mois, et en si grande quantité que, à Séville, le 23, l'eau atteignit les balcons des maisons dans le quartier de Triana, et le gouverneur fut forcé d'aller en bateau dans les rues pour porter des secours. Dans le Tage, dix-sept corps passèrent à Aranjuez, et, en Portugal, les maisons qui étaient auprès de la rivière s'écroulèrent, leurs fondations ayant été minées par les eaux. On lit dans un rapport de Livourne du 12 : « Nous avons encore été menacés d'une inondation presque semblable à celle de l'an dernier. Depuis Pontevédra jusqu'à Empoli et Prato, et même jusqu'à Ligne, située à six ou huit milles de Florence, tout le pays est inondé. L'eau est montée à Pise assez haut pour effrayer les habitants. Un fort vent d'O. souffle, la température est élevée et il y a quelques orages avec des coups de tonnerre. »

Un orage avec tonnerre d'une grande violence passa sur Clermont, Les Mesneux, Görsdorf et Vendôme le 24. La Loire montait à Nantes de 4^m 57 au-dessus de son niveau le plus bas, et, entre le 24 et le 29, la Garonne débordait à Bordeaux, le Lot ayant été gonflé par des pluies continuelles. A Alger, au contraire, il ne tomba que 12^{mm} 9 d'eau en janvier, où la sécheresse de ce mois fut remarquable. Pendant ces maxima barométriques en Europe, le 13 janvier 1855 il y avait un grand abaissement de la colonne du mercure depuis le Maine jusqu'en Virginie, dans les États-Unis.

Nous donnons ci-après la table du minimum barométrique, pour le 13 et le 14 janvier, aux stations de la Prusse et de l'Autriche; elle est calculée en millimètres comme celle du mois de décembre précédent qui est à la page 229. Nous y voyons que l'effet de la rencontre des deux courants est plus franchement indiquée au S. O. qu'au N. E.

234 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

ALLEMAGNE.

	millim.		millim.
Manheim.....	16.05	Salzwedel.....	18.94
Francfort-sur-le-Mein.....	17.03	Hinrichshagen.....	16.37
Giessen.....	17.80	Schönberg.....	18.20
Trèves.....	16.45	Schwerin.....	18.28
Neunkirchen.....	15.20	Poel.....	17.49
Kreuznach.....	17.05	Rostock.....	16.81
Boppard.....	17.90	Goldberg.....	16.25
Cologne.....	18.59	Sülz.....	16.30
Crefeld.....	18.69	Wunstrow.....	17.03
Clèves.....	19.57	Putbus.....	16.35
Emden.....	19.52	Stettin.....	17.23
Lingen.....	20.28	Colberg.....	15.94
Paderborn.....	18.59	Cöslin.....	15.05
Münster.....	17.54	Francfort-sur-l'Oder.....	17.47
Gütersloh.....	19.17	Görlitz.....	18.25
Lünebourg.....	17.49	Zeichen.....	17.49
Otterndorf.....	18.45	Breslau.....	17.69
Hanovre.....	19.45	Ratibor.....	16.58
Brocken.....	16.61	Posen.....	16.56
Clausthal.....	17.16	Bromberg.....	16.71
Ballenstedt.....	17.54	Conitz.....	14.44
Heiligenstadt.....	16.00	Schönberg.....	16.32
Mulhause.....	18.58	Danzig.....	14.29
Erfurt.....	17.49	Königsberg.....	12.49
Ziegenrück.....	18.25	Claussen.....	11.88
Halle.....	19.12	Tilsit.....	12.29
Torgau.....	17.78	Memel.....	12.39
Berlin.....	18.14		

AUTRICHE.

L'ordre des stations dans la table suivante n'est pas strictement du S. au N., parce que l'étendue de la région sur laquelle les observations ont été faites n'a pas permis un pareil arrangement.

	millim.		millim.
Curzola.....	14.95	Tirnavu.....	18.15
Raguse.....	14.83	Bodenbach.....	16.86
Zara.....	15.75	Czaslau.....	17.95
Trieste.....	17.21	Leutschau.....	15.89
Urbino.....	14.27	Salabonrg.....	16.81

	millim.		millim.
Venise.....	17.52	Melk.....	17.06
Parme.....	16.82	Trautenuau.....	15.84
Sondrio.....	14.54	Althofen.....	13.88
Milan.....	16.98	Lienz.....	16.91
Bologne.....	16.10	Schemnitz.....	15.96
Botzen.....	16.24	Leipa.....	17.15
Meran.....	14.88	Saint-Peter.....	16.89
Adelsberg.....	16.86	Kablenberg.....	17.01
Zawalje.....	16.24	Pilsen.....	18.29
Fünfkirchen.....	18.25	Pürglitz.....	19.35
Szegedin.....	16.78	Hermansstadt.....	16.61
Laibach.....	18.25	Neusohl.....	24.25
Witten.....	12.36	Senftenberg.....	17.21
Cilli.....	17.95	Czernowitz.....	14.85
Sainte-Magdeleine.....	15.05	Schössl.....	18.94
Debreczin.....	16.75	Obervellaach.....	17.25
Vienne.....	17.88	Ljus.....	14.09
Olmütz.....	18.25	Kremsmünster.....	17.52
Rzeszow.....	16.86	Tröpolach.....	16.98
Jaslo.....	16.81	Craeovie.....	15.56
Lemberg.....	14.59	Heiligenblut.....	11.68
Graz.....	14.52	Innichen.....	15.86
Gastein.....	8.14	Markt-Aussee.....	14.59
Prague.....	18.25	Reichenau.....	17.47
Brünn.....	17.47	Klagenfurt.....	17.85
Alt-Aussee.....	12.34	Admont.....	14.58
Saint-Jacob.....	15.50	Santa-Maria.....	2.62

La dernière station, placée à une grande élévation, semble montrer que le courant équatorial n'a jamais été interrompu à ce niveau, et que le courant polaire, soufflant dans une direction contraire, a pu pénétrer seulement dans les couches inférieures de l'atmosphère. Après le maximum, les vents du S. remplacèrent ceux du N. sur tout l'espace observé.

A la première apparition du courant équatorial, au commencement de janvier, le courant polaire, arrêté en Europe, semble avoir cherché un passage en Amérique; nous voyons en effet que le 5 une tempête qui dura de quinze à seize heures soufflait sur tout le continent depuis la Virginie jusqu'à la Californie, et avec une violence telle, que le trafic du chemin de fer fut interrompu. Il tomba ensuite une très-grande quantité de neige, tandis que le thermomètre descendait à — 26° 2.

236 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

Un signe distinctif et très-caractéristique des tempêtes dont l'origine est la lutte de deux courants contraires, c'est que les oscillations du baromètre que l'on observe quand le vent change de direction sont accompagnées de grandes variations de température. Pendant la marche d'un cyclone la direction du vent change d'un rumb au rumb opposé, et après le calme, le baromètre commence à monter aussi rapidement qu'il avait baissé avant; mais la température reste invariable, parce que l'air qui marche en décrivant des spirales peut passer deux fois sur chacune des stations que le cyclone parcourt. Il n'y a donc, dans ce cas, aucune relation entre la température et la direction du vent. Une autre différence importante à signaler, c'est que toutes les tempêtes de la zone torride suivent une route parfaitement définie, et le long de laquelle il n'en passe jamais d'autres marchant dans une direction contraire; tandis que les tempêtes de la zone tempérée ont souvent des oscillations en avant et en arrière de la nature de celles que nous venons de décrire. Il n'y a donc pas d'excuse possible pour confondre un cyclone avec le tourbillon local produit par la lutte de deux courants qui cherchent à se repousser (comme dans l'exemple ci-dessus). Dans ce cas, l'expression «*été leau et clair d'une tempête*, » employée par Redfield, pourra peut-être indiquer un coup de vent qui, même s'il a un mouvement de rotation, ne sera pas nécessairement un cyclone. Dans ces circonstances le thermomètre pourrait servir de guide, tandis que le baromètre et la girouette nous laisseront dans le doute quant à la nature de la tempête que nous aurons à examiner.

TEMPÊTE DU 17 JANVIER 1818.

Je suis porté à attribuer la grande tempête de la Prusse Orientale, et dont j'ai parlé page 155, à une lutte entre les courants polaires et équatoriaux, à cause des faits ci-dessous :

Le 10 décembre 1817, il fit un froid tellement intense à Archangel, avec des vents de N. E., que le thermomètre descendit à $-28^{\circ}7$ le 11, et à $-36^{\circ}2$ le 14; le baromètre at-

teignit son niveau le plus élevé, 779^{mm} 27 (réduit à zéro), le soir du 13, le vent soufflant toujours de l'E. et du S. E. A Danzig, on n'observa le maximum barométrique, 767^{mm} 09, que le 17, le vent ayant soufflé d'abord du N., puis de l'Est. A Archangel, le froid fut adouci par les vents d'O., qui soufflèrent pendant peu de temps, et la température s'éleva à —11° 2 le 20; mais aussitôt que le vent retourna au N. E. et au S. E., la température baissa à —42° 2 le 29 décembre, et le 1^{er} janvier 1818 elle était à —39° 3. La baisse du baromètre commença alors à indiquer l'approche du vent de S. qui s'établit le 3, le thermomètre montant à zéro le 4, de sorte que le changement de température en trois jours avait été de 39° 25 (de 39° à —0° 25). Cette température douce continua avec quelques légères intermittences jusqu'à ce que le baromètre atteignit son niveau le plus bas, 717^{mm} 60 le soir du 16, soit 61^{mm} 74 au-dessous du maximum du mois précédent.

A Königsberg la transition du vent pendant l'ouragan du 17 fut S., S. O., O., N. O.; et à 14 milles de cette ville il y eut un orage avec tonnerre. Le baromètre baissa de 782^{mm} 01 le 3 à 733.51 le 18, soit 48^{mm} 50 en 15 jours; tandis que le thermomètre monta de —28° 2 le 3 à +1.50 le 4 (29° 7 en quatre jours). Le vent passa de l'E. au S. O.; et le temps chaud dura si longtemps que l'on vit bientôt les champs sans neige et se couvrir d'herbes.

A Danzig le 3, le maximum barométrique fut 776^{mm} 88 et la température le lendemain matin —20° avec des vents du S. S. E. Pendant la nuit suivante des éclairs annoncèrent l'approche du courant équatorial qui s'établit au S. dans la nuit du 6 et qui passa ensuite par le S. S. O. à l'O., amenant le dégel. Le baromètre baissa à 733^{mm} 82 le 17, le vent changeant du S. à l'O.; mais il monta à 765^{mm} 86 le 20 quand le vent passa à l'O. N. O. Howard dit que, pendant la violente tempête du 15, l'Elbe monta tellement à Hambourg que les parties basses de la ville furent inondées et que la population fut forcée de circuler en bateaux dans les rues. La tempête fit de grands dégâts à Stettin et à Königsberg. A Edinbourg, elle soufla en *parfait ouragan* le 15, à cinq heures du soir, le baromètre ayant baissé de 20^{mm} 3 dans la matinée. Les grands et les petits mina-

rets de l'église Saint-Jean, à l'extrémité Ouest de la rue du Prince, furent renversés et il ne resta plus que des ruines sur le sommet de la tour. Howard dit que pendant ce mois il souffla à Londres une « série de coups de vent. » Le mauvais temps fut incessant, car Buek (Climat et temps à Hambourg) qui ne cite que quatre ouragans dans ce pays pendant trente années, en mentionne un du 27 février 1818, accompagné d'une grande marée. Howard dit de février : « vents variables ; à la fin du mois, tempêtes de l'Ouest. » Le journal des observations de Danzig porte des vents d'O. pendant tout le mois, avec un minimum barométrique de 736^{mm}·82 le 26, et une température de 2°·5 à 3°·7 environ avec un fort vent d'O. succédant à un maximum barométrique de 769^{mm}·26 le 17, qui indiquait que la lutte des courants n'était pas encore finie.

Il est évident que l'origine de la perturbation de l'équilibre, que nous n'avons pas pu examiner avec plus d'exactitude parce que nous n'avons pas d'observations faites dans un nombre suffisant de stations, était due à l'irruption du courant équatorial dans un endroit où le courant polaire avait soufflé pendant longtemps et avait produit un degré de froid très-intense. Toutes les tempêtes qui se succédèrent furent la conséquence de cette intrusion. Le 3 janvier on écrivait d'Edinburgh : « Malgré des gelées très-fortes et continuelles il y a eu très-peu de neige ; » et le 14 : « Le 12, à 10 heures du soir, le vent s'est fixé au S. O. avec des pluies abondantes, et il a soufflé en parfait ouragan pendant la nuit. » Plus au S. le courant équatorial s'était établi beaucoup plus tôt ; car tandis que le 11, à Londres, la température était — 10°, un ouragan terrible soufflait déjà depuis le 9, dans le golfe de Gascogne, et entre le 7 et le 8 vingt bâtimens avaient fait naufrage sur les côtes de France depuis Brest jusqu'à Saint-Malo. Le 15, un orage avec coup de tonnerre passait sur Whitehaven, avec une violence telle « qu'on n'en avait jamais vu de semblable dans cet endroit. » Ces tempêtes firent de très-grands dégâts sur les côtes Sud d'Angleterre. Une lettre de Jersey du 19 décembre dit : « Pendant plusieurs jours nous avons eu des tempêtes continuelles, avec de fortes pluies et de la grêle, tandis que le vent variait entre le N. N. O., l'O et le S. O. »

La tempête qui a soufflé du 21 au 28 décembre 1836 et que Loomis a récemment examinée (*On certain Storms in Europe and America*) et représentée d'une manière très-intelligible sur des cartes coloriées, confirme entièrement l'idée que je m'étais faite de ces phénomènes dans mes « Représentations des phénomènes de température par des moyennes de cinq jours. » Cette tempête avait été immédiatement précédée par une autre semblable en Amérique.

TEMPÊTE DE FÉVRIER 1823.

Dans toutes les tempêtes que nous avons décrites, à l'exception de celle du 17 janvier 1818, nous nous trouvons au côté polaire de la ligne de contact des courants polaires et équatoriaux. S'il existait une série de stations allant de la côte Nord d'Afrique dans l'intérieur, nous pourrions examiner le courant équatorial de plus près, et peut-être le suivre jusqu'au point où il commence à descendre sur la surface de la terre à son retour, comme contre-courant alizé, des régions supérieures de l'atmosphère. Mais il faut renoncer à obtenir quelques renseignements météorologiques sur l'Afrique et nous contenter d'examiner un cas où la lutte des courants, qui est ordinairement sur les côtes de la Méditerranée, a eu lieu par hasard au N. de cet endroit. C'est ce qui est arrivé le 2 et le 3 février 1823, de sorte que nous pouvons ajouter dans ce cas les observations du minimum barométrique qui se produisit le long de la limite Nord du courant équatorial pour compléter les maxima qui ont été cités précédemment et avoir une idée générale du phénomène entier. En 1828, j'ai publié mes recherches sur cette tempête; on y voit que le minimum barométrique a été précédé par un temps extraordinairement froid qui s'est fait sentir le 8 décembre 1822 en France et en Allemagne. A Strasbourg la gelée dura 50 jours de suite, ou plus longtemps qu'on ne l'avait jamais vu auparavant, d'après Herrensneider; et à Paris le vent de N. E. souffla pendant 17 jours de suite avec le baromètre haut. Enfin le 15 janvier, le vent de S. O. s'établit et on le ressentit jusqu'à Danzig, la température s'élevant en conséquence. Les vents d'E. frais amenèrent un froid

240 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

vif, de sorte que le 24 le baromètre était encore monté à Danzig et le thermomètre était descendu à $-24^{\circ} 3$. A Paris le baromètre continua à être bas et le ciel couvert, malgré un froid très-vif, parce que le vent de S. O. continua à souffler dans les couches supérieures de l'atmosphère. La preuve en est que, tandis que la température à Liddes dans le Valais était à $-12^{\circ} 5$, elle était à $-14^{\circ} 3$ à Martinach qui git à un niveau plus bas; et qu'à Joyeuse, placée au pied de la Tanargue, qui se dresse comme un mur à pic de 1,520 mètres d'élévation, il tomba plus de 25 millimètres de pluie du courant chaud supérieur, pendant que le sol était gelé et que la neige tombait plus au S. Le 2 et le 3 février, le minimum barométrique eut lieu et la dépression au-dessous du niveau moyen est donnée dans la table ci-dessous :

	millim.		millim.
Gosport.....	34.72	Peissenberg.....	30.48
Londres.....	29.76	Saint Gall.....	29.99
Boston.....	24.80	Milan.....	29.54
Dieppe.....	32.68	Molfetta.....	24.80
Zwanenbourg.....	31.57	Jena.....	27.27
Cologne.....	31.57	Ilmenau.....	28.19
Paris.....	32.25	Leipzig.....	28.65
Tübingen.....	33.14	Halle.....	28.19
Ratisbonne.....	32.02	Berlin.....	24.13
Nuremberg.....	31.57	Breslau.....	29.51
Genève.....	31.57	Leobschütz.....	29.51
Saint-Bernard.....	31.57	Altona.....	24.80
Joyeuse.....	32.68	Apenrade.....	20.74
Toulouse.....	35.85	Danzig.....	25.46
Nîmes.....	34.95	Königsberg.....	20.52
Avignon.....	34.95	Tilsit.....	18.88
Strasbourg.....	33.83	Mitau.....	16.88
Kremsmünster.....	30.70	Saint-Pétersbourg.....	9.46
Vienne.....	30.45	Archangel.....	9.01
Prague.....	30.45	Christiania.....	5.63

A Reikiavik en Islande, le baromètre monta de 11^{mm}44 au-dessus de son niveau moyen ordinaire.

Les observations de la direction du vent donnent :

Dans le N. de l'Allemagne, en Angleterre, Norvège et Russie, N. E. et N.;

Dans le centre de la France et en Allemagne, presque calme plat; sur le Saint-Bernard S. O., et O. sur le Peissenberg ;

A Lisbonne et à Constantinople des tempêtes terribles; à Gênes une très-grosse mer soulevée par une tempête.

A Joyeuse il tomba 61 millimètres de pluie le 11 janvier, et 33 millimètres le 2 février; à Londres il en tomba 25 millimètres le 1 et le 2.

A Avignon, dans le mois de février, le Rhône s'éleva à un niveau inconnu jusqu'alors. On attribua cette crue à un dégel subit dans les Alpes.

Les observations barométriques indiquent deux points de pression minimum : l'un sur la côte Ouest d'Angleterre, l'autre sur la côte Sud de France, marchant du S. O. au N. E. L'étendue de la dépression diminue rapidement à mesure qu'on va dans le N. et elle devient insignifiante en Norvège et dans le Nord de la Russie. Après le minimum, le baromètre commença à monter rapidement avec un retour de froid. A Königsberg, le thermomètre monta à 3° 75 le 31 janvier, soit 32° 4 plus haut qu'il n'avait été le 23 quand il était à — 28° 7. Le 1^{er} février le vent du N. E. s'établit d'abord faible, mais ensuite il souffla très-fort et fit baisser le thermomètre à — 22° 3 le 7, et monter le baromètre à 771^{mm}11 le jour suivant ou 32^{mm}02 plus haut qu'il avait été le 3. A Danzig, le thermomètre baissa de + 12° 5 le 1^{er} à — 20° 7 le 8, et le baromètre monta de 31^{mm}11 pendant la même période. A Saint-Petersbourg, le vent du N. E. souffla tout le temps sans interruption, mais le baromètre monta de 748^{mm}20 le 1^{er}, à 772^{mm}31 le 6, et la température baissa de — 10° 7 à — 30° 4. A Archangel le baromètre monta de 18^{mm}30 et la température descendit de — 16° 8 à — 37° 5 entre le 1^{er} et le 5.

Si nous jetons un coup d'œil général sur ces observations, nous verrons qu'un courant du N. a pénétré dans le courant du S. qui avait régné sur toute l'Europe jusque dans la Méditerranée, et que le courant polaire qui marchait du N. E. vers le S. O., en augmentant la pression le long de sa route, a divisé le minimum barométrique en deux parties. Des brouillards se formèrent le long de la ligne de séparation des deux courants. Nous lisons dans le journal de la Société royale de géographie de Londres : « Un brouillard très-intense dans la matinée du 3, » et de même à Königsberg, Vienne et Tübingen. Le vent du

242 TEMPÊTES PRODUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

N. E. qui déranga la marche du minimum s'établit à Königsberg dès la matinée du 1^{er}, mais on ne l'observa que plus tard dans les stations Sud. Les observations barométriques nous donnent la pression totale produite par le vent du S. qui prédominait et par l'intrusion partielle du vent du N., de sorte que nous avons deux causes distinctes qui affectent simultanément le baromètre; l'une avançant du S. O. vers le N. E. et faisant baisser son niveau; l'autre marchant dans une direction contraire et le faisant monter.

L'exemple le plus récent de cette classe de tempêtes est celle qui souffla avec une grande violence le 9 février 1861 à Dublin, d'après une communication que j'ai reçue de M. Robert H. Scott. La différence de niveau du baromètre entre Dublin et Limerick fut de plus de 25 millimètres. Le professeur Haughton la décrit ainsi¹ :

« Cet ouragan offre un exemple admirable de la seconde classe de tempêtes qui, d'après Dove, soufflent en dehors des limites des vents alizés. Dans cette classe de tempêtes, il existe une lutte directe entre le courant du S. O. ou équatorial et le courant du N. E. ou polaire; il y a généralement une série de coups de vent non cycloniques du N. E. et du S. O.; la hausse du baromètre et le minimum de température correspondent au moment de la tempête où le vent de S. O. est remplacé par le vent du N. E. Les faits suivants établissent d'une manière positive la nature particulière et non cyclonique de cette tempête :

A Dublin il y eut une onde de pression atmosphérique qui dura huit jours et quatre heures, les deux sommets de l'onde étant :

Premier sommet, le 1^{er} février, 22 heures, 779^{mm}77.

Second sommet, le 10 février, 2 heures, 774^{mm}18.

Et le creux de l'onde étant :

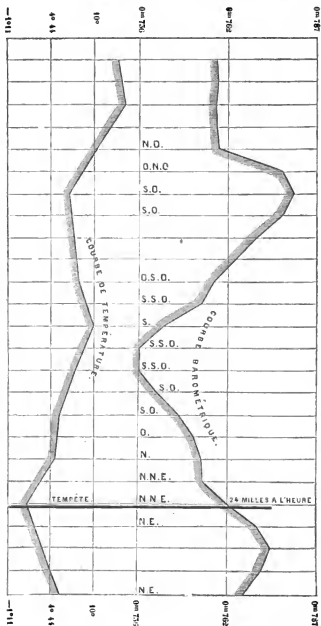
Le 5 février, 2 heures, 736^{mm}59.

Le coup de vent ou la tempête atteignit le maximum de violence :

Le 9 février, 10 heures; vitesse, 24 milles à l'heure.

¹ *Proceeding of the Royal Irish Academy*, vol. VII, part. 13. L'académie a bien voulu m'autoriser à reproduire le bois ci-après. (Trad.)

COURSE DES OBSERVATIONS FAITES A DUBLIN, DU 30 JANVIER AU 11 FÉVRIER 1861.



244 TEMPÊTES PRDUITES PAR LE CONFLIT DES COURANTS.

Le tableau d'autre part montre toutes les circonstances météorologiques de la semaine qui a précédé la tempête. Nous voyons que le vent équatorial (S. O.) souffla du 2 février jusqu'au soir du 7 février, moment où il fut remplacé par le vent d'O., et finalement à 10 heures du soir le 8, il devint courant polaire du N.N.E., rumb d'où il souffla pendant toute la tempête qui atteignit son maximum 12 heures après que le N.N.E. avait commencé à souffler. Dans la nuit du 9 février le vent passa au N. E. où il souffla pendant 40 heures. Avec les vents de S. O. et la baisse du baromètre, la température était douce et l'air était humide et étouffant à cause de la vapeur contenue dans l'atmosphère.

Pendant les huit jours qui avaient précédé la hauteur minimum du baromètre, la température moyenne avait été 9° 74, tandis que pendant les trois jours suivants le minimum du baromètre et la température moyenne étaient :

Le 7 février, à 10 heures du matin, 5° 83			
8	—	—	4° 88
9	—	—	1° 72 maximum du coup de vent.
Moyenne :			4° 13

On voit que le baromètre a monté et le thermomètre baissé, et qu'ils ont atteint l'un un maximum et l'autre un minimum pendant la tempête. Il est impossible de confondre ce phénomène avec un cyclone, pendant lequel le minimum barométrique a lieu avant et après le milieu de l'ouragan; on n'y trouve pas également ce rapport entre la tempête et la température que Dove a signalé dans la classe à laquelle celle du 9 février appartient certainement. La tempête du 9 fut aussi la première d'une série de coups de vent dus à la même cause, soit la lutte directe et non cyclonique des courants polaires et équatoriaux. Un second coup de vent souffla dans la nuit du 15; il fut très-fort à Drogheda, Dunmore Est et Penzance, et il causa la perte de plusieurs bâtiments. Dans ces trois endroits, le vent s'était fixé au S. E. Une troisième tempête

aurait passé sur Londres, Chichester, Plymouth et autres lieux dans la soirée du 21 février. A Dublin elle souffla du S. S. O., mais pas très-fort. A 7 heures du soir elle était dans toute sa fureur à Londres, et on assure qu'elle atteignit 16 kilogrammes par 0^m31, force suffisante pour renverser le clocher de la cathédrale de Chichester. D'après la théorie de Dove, ces deux tempêtes sont des suppléments de celle du 9 et non des mouvements cycloniques distincts. »

Tempêtes produites par le choc latéral de deux courants marchant dans des directions contraires.

Si lorsque les courants se rencontrent, leur route est changée sous un angle tel qu'ils marchent dans des directions contraires et dans des canaux parallèles, on aura à résoudre la question suivante : Quelles sont les conditions qui produiront un déplacement latéral mutuel, l'état des choses étant tel que nous venons de le supposer? on doit en trouver la cause la plus évidente dans ce fait que l'air froid du courant polaire exerce une pression latérale plus grande que l'air chaud du courant équatorial, et tend ainsi à le déplacer. Si les deux courants marchent dans des canaux distincts et auprès l'un de l'autre, et si en outre les retards produits par leur contact ont cessé, la vitesse moyenne des deux courants augmentera. Celle du courant équatorial augmentera plus rapidement que celle du courant polaire, puisque le premier marche dans un canal qui se rétrécit constamment et le dernier dans un canal qui s'agrandit constamment. En outre comme le courant équatorial continue à être en contact avec la surface de la terre pendant un temps plus court, il sera moins retardé par le frottement que le courant polaire sera accéléré par la même cause; ou en d'autres termes, le courant équatorial sera plus dévié vers l'O. que le courant polaire vers l'Est. Si au contraire le lit du premier est en Europe et celui du dernier en Amérique, le premier aura une tendance à s'écarter de la ligne de contact, et par ce moyen

à faire dévier le courant polaire de son propre lit sous forme de vent de N. O. pour remplir le vide. Si les conditions sont renversées, le courant équatorial aura une tendance à pénétrer dans le lit du courant polaire dans une direction plus Ouest que celle de sa propre marche. Cette pénétration se produira d'abord dans les couches supérieures de l'atmosphère à cause de la densité plus grande du courant polaire. Si la résistance offerte par le courant polaire est si grande que le courant équatorial ne puisse pas pénétrer dedans, un cyclone dans la direction S. E. N. O. sera engendré dans le dernier. Dans le cas d'un déplacement mutuel régulier du courant, la girouette tournera dans la direction S., O., N., E., rotation qui est entièrement distincte de celle produite par un cyclone.

Si nous supposons, par exemple, qu'en Europe dans les hautes latitudes le courant polaire soit remplacé par le courant équatorial, qui est presque O., droit, le premier tournera graduellement autour du compas vers l'E., et nous aurons dans le N. de l'Europe un temps très-doux avec les vents d'O.; tandis que dans le S. il fera très-froid, avec les vents d'Est. Si le vent d'E. ainsi produit est arrêté dans sa marche vers l'O. par le courant équatorial, qui est encore S. O. dans l'océan Atlantique, nous aurons un maximum barométrique sur toute la région où le vent froid d'E. se fait sentir; jusqu'à ce qu'enfin il pénètre dans le vent de S. O. sur l'océan Atlantique, et le baromètre baissera. Ensuite le courant équatorial, arrêté dans sa rotation, pénètre en revenant sur lui-même dans le courant polaire, d'abord dans les couches supérieures, et après dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Dans ces conditions, le premier froid viendra du N. O., après une période de temps très-doux, puis il viendra du N. et du N. E. C'est ce qui eut lieu en janvier 1855, comme nous allons le prouver.

Si nous comparons un minimum barométrique dans les zones tempérées à une longue vallée et un maximum à une chaîne de montagnes, il arrivera quelquefois, si l'espace où nous faisons nos observations n'est pas trop étendu, que nous nous trouverons sur la pente de la montagne. Il est rare de rencontrer une pente plus rapide que celle représentée par

les observations du 1^{er} janvier de l'année 1855 pour le centre de l'Europe.

La table ci-dessous donne la dépression du baromètre en millimètres au-dessous de son niveau moyen pour le mois, le 1^{er} janvier.

millim.	millim.
Upsala..... 42.21	Kahlenberg..... 16.152*
Stockholm..... 40.97	Linzi..... 15.91
Tilsit..... 38.02	Mallnitz..... 16.322*
Königsberg..... 36.47	Pürglitz..... 17.78
Danzig..... 35.43	Schössl..... 17.72
Arys..... 34.44	Pilsen..... 16.40
Bromberg..... 33.12	Heiligenstadt..... 16.68
Cöslin..... 32.91	Mulhouse..... 18.99
Schöneberg..... 31.47	Clausthal..... 16.78
Conitz..... 30.83	Lingen..... 16.30
Posen..... 29.54	Emden..... 16.93
Putbus..... 30.02	Debrécin..... 14.502*
Stettin..... 28.70	Szegedin..... 14.982*
Moscou..... 28.47	Raguse..... 15.542*
Saint-Petersbourg..... 28.29	Trieste..... 15.542*
Wustrow..... 26.06	Adelsberg..... 14.442*
Rostock..... 26.44	Meran..... 15.592*
Poel..... 25.31	Laibach..... 15.64
Schwerin..... 25.09	Sainte-Madeleine..... 15.99
Schönberg..... 24.91	Kremsmünster..... 15.26
Lemberg..... 26.122*	Tröpolach..... 14.69
Zechen..... 25.73	Santa-Maria..... 14.75
Frankfort-sur-l'Oder..... 25.21	Plan..... 14.692
Jaslo..... 25.872*	Lienz..... 14.27
Czernowitz..... 24.02	Heiligenblut..... 15.202*
Cracovie..... 24.702*	Saint-Paul..... 15.462*
Görlitz..... 23.21	Klagenfurt..... 14.752*
Berlin..... 22.67	Obervellach..... 14.942*
Salzwedel..... 22.82	Reichenau..... 14.94
Senftenberg..... 22.752*	Trautenua..... 15.652*
Kronstadt (Transylvanie)..... 20.442*	Schüttenhofen..... 15.862*
Kesmark..... 22.292*	Saint-Pierre..... 15.462*
Leutschau..... 20.642*	Erfurth..... 14.50
Brünn..... 20.892*	Ziegenrück..... 15.69
Olmutz..... 21.232*	Gütersloh..... 15.66
Wallendorf..... 21.712*	Paderborn..... 15.36
Gilli..... 22.292*	Münster..... 14.39
Ratibor..... 22.21	Althofen..... 15.652*
Breslau..... 22.40	Alt Aussee..... 11.482*

	millim.		millim.
Torgau.....	21.91	Saint-Jacob.....	13.222*
Lünebourg.....	22.01	Stelvio.....	8.45
Otterndorf.....	21.96	Giessen.....	12.72
Hanovre.....	22.09	Francfort-sur-le-Mein.....	11.37
Semlin.....	18.102*	Boppard.....	9.65
Tirnau.....	19.422*	Manheim.....	9.39
Schemnitz.....	19.052*	Cologne.....	10.58
Prague.....	19.45	Crefeld.....	10.92
Hermannsstadt.....	19.572*	Utrecht.....	12.54
Czaslau.....	19.502*	Clèves.....	9.61
Bodenbach.....	18.76	Hellevoetsluis.....	10.41
Leipa.....	20.112*	Flessingue.....	8.32
Vienne.....	18.152*	Boston.....	8.89
Milan.....	18.102*	Bruxelles.....	7.25
Stromness.....	19.17	Neunkirchen.....	7.45
Zara.....	16.072*	Trèves.....	7.41
Venise.....	16.812*	Luxembourg.....	6.62
Fünfkirchen.....	16.272*	Paris.....	0.50
		Greenwich.....	4.46

A Genève il y eut un excès de 2^{mm}18; au Saint-Bernard de 2.46; à Lyon de 6.70; et à Lisbonne de 9.85; le maximum pendant le mois. Dans les environs de New-York le baromètre monta de 13^{mm}46 au-dessus de son niveau moyen; à Norfolk et Charleston, de 6^{mm}85, tandis qu'à San-Francisco son niveau fut extraordinairement bas (739^{mm}96) et il souffla un ouragan du S. O. A Benicia il y eut également une tempête du S. O., et là le baromètre baissa presque de 15^{mm}74 au-dessous de son niveau moyen.

Dans tous les endroits de la Prusse et de l'Autriche où l'on a fait des observations (dans ce dernier pays le minimum n'eut pas lieu le 1^{er}, mais le 2 dans toutes les stations, excepté à Bodenbach, Prague, Pilsen et Czernovitz), le 1^{er} janvier de l'année 1855 la température fut relativement élevée; il souffla de forts vents de l'O. et du N. O. et il tomba de grosses pluies avec beaucoup de neige. A Berlin la pluie tombait pendant de violents orages et on s'attendait à entendre la foudre et à voir l'éclair à tout moment. On dit qu'il y en eut dans plusieurs endroits entre la Silésie et Hambourg. Une partie de l'île Wangeroog fut inondée par la violence de la mer, et les plus fortes digues de la côte Nord de l'Allemagne purent diffi-

lement arrêter la fureur des vagues. A 9 heures du matin la tempête était dans sa plus grande force à Vienne; et vers midi à Berlin. Dans la forêt de Lambach, près de Kremsmünster, où la tempête était très-violente le 1^{er} à 2 heures 15 minutes du soir, 30,000 arbres furent déracinés sur un espace de 405 hectares environ, dont 1,200 près de l'Observatoire, dans un espace de 120 hectares. A Jaslo, le toit du palais de justice fut enlevé dans la matinée du 2, et à Trautenau, sur la pente Sud du Riensengebirge, des hommes et des wagons chargés furent chavirés. A Zara il faisait calme ¹. Le courant du S. avait régné auparavant sur tout cet espace à un degré tel que la moyenne barométrique de décembre avait été au-dessous de la valeur moyenne obtenue de 1841 à 1854; soit: de 7^{mm}82 à Arys; 9.83 à Königsberg; 7.51 à Stettin; 7.81 à Berlin; 5.30 à Gütersloh, et 4.51 à Cologne. Sa dépression au-dessous du niveau moyen de plusieurs années avait été de 5^{mm}43 à Cracovie; 4.92 à

¹ Les observations d'heure en heure ont donné les résultats suivants dans quelques-unes des stations :

STATION.	NIVEAU minimum du baromètre.	JOURS.	HEURES.	DIRECTION du vent.	FORCE du vent.
Prague.....	725.02	1 ^{er}	5 soir.	O.	•
Senftenberg.....	701.60	2	6 matin.	N. O.	9
Cracovie.....	719.17	2	Midi.	O.	10
Vienne.....	728.21	2	5 matin.	N. O.	• 4
Kremsl.....	711.70	2	4 matin.	N. O.	9
Salzbourg.....	711.52	1	11 soir.	•	•
Milan.....	735.81	1	6 matin.	N.	4

Le chiffre 10 indique un ouragan, c'est le chiffre le plus élevé de l'échelle adoptée pour indiquer la force du vent.

Vienne ; 5.58 à Prague ; 5.99 à Kremsmünster, et 4.26 à Milau. Ce fait est remarquable parce que la moyenne barométrique pour le mois de décembre avait été auparavant de 4^{mm}51 trop basse.

Une différence barométrique de 51^{mm}81 entre Upsala et Lisbonne aurait produit une différence de niveau de 703 millimètres sur une surface d'eau : il était donc naturel de s'attendre, comme cela eut lieu réellement, que l'air de l'espace, dans lequel la pression n'avait pas été diminuée, mais avait été augmentée, presserait avec une grande force pour remplir le vide qui existait sur la mer Baltique. Ce courant dense et froid s'établit si universellement que la température de la seconde moitié de janvier et de février fut extraordinairement basse.

Je renvoie le lecteur à mes « Représentations des phénomènes de température par des moyennes de cinq jours »¹ pour faire voir la distribution de ce froid extrême, et le rétablissement graduel de l'équilibre de la pression barométrique.

Le jour même où ce courant froid pénétrait dans l'atmosphère chaude de l'Europe, un courant du S. pénétrait au N. de la Californie. Entre les deux minima barométriques, il y a un espace dans lequel on observe un maximum barométrique s'étendant sur tout l'Océan Atlantique et embrassant les côtes orientales des États-Unis.

On lit dans une lettre du Groënland : « Nous avons eu de si beaux jours en février (qui fut terriblement froid en Europe) et mars, que nous étions presque tentés de nous demander si nous étions réellement dans le Groënland. »

En examinant sans prévention les faits que nous avons cités dans les pages précédentes, nous sommes amené à conclure qu'il existe deux types différents de mouvement de l'air dans une tempête : 1° quand sa direction ne change pas, excepté

¹ *Darstellung der Wärmeerscheinungen durch fünfjährige Mittel.*

lorsqu'il est allé assez loin pour que sa marche soit modifiée par la rotation de la terre; et 2° quand il possède un mouvement rotatoire autour d'un calme central qui avance. On ne peut nier certainement que l'irruption brusque de l'air froid du courant polaire dans l'air chaud et raréfié d'un courant équatorial ne puisse produire de violentes tempêtes ¹, ou que le vent alizé de retour, enfermé entre des méridiens qui se rapprochent graduellement, ne puisse, dans sa furie, s'ouvrir de force un passage dans le Nord. La plupart des tempêtes de neige de l'Amérique paraissent appartenir à la première classe, mais on n'a pu en examiner qu'un très-petit nombre jusqu'à présent. Henry (*Agricultural report*, 1858, p. 484) a récemment adhéré complètement à cette théorie.

Pour déterminer avec exactitude le vrai caractère d'une tempête dans chaque cas particulier, il faut en général que nous ayons des observations simultanées faites sur un espace d'une étendue considérable, parce que la rotation de la girouette à l'un des côtés d'un cyclone est la même que celle produite par les courants ordinaires de l'atmosphère, et d'accord avec la Loi de Giration. Redfield a essayé de prouver l'origine du mouvement rotatoire de masses d'air considérables, en attachant un disque en papier, mobile autour d'un point, sur un globe qu'il faisait tourner autour d'un axe. Si le disque est près du pôle, il sera entraîné avec moins de vitesse que lorsqu'il est placé près de l'équateur; si donc il est placé sur un point quelconque de l'hémisphère Nord, le mouvement rotatoire qui lui sera imprimé sera une tendance à tourner en sens inverse de la marche des aiguilles d'une montre. Il est aisé de voir que la cause de ce phénomène est la cohésion d'un corps solide, condition qu'on ne peut appliquer aux molécules de l'atmosphère qui possèdent une parfaite liberté de mouvement. Taylor (*Herschel's Meteorology*, page 67) essaye de prouver que si l'air monte en un point quelconque, et que l'air qui l'envi-

¹ La première hausse du baromètre après une grande baisse indique qu'un vent plus fort va souffler.

ronne afflue de tous les côtés vers ce point, il en résultera, non pas comme Espy et Hare l'affirment, un afflux direct centripète, mais un tourbillon de vent conforme à la théorie du cyclone. Ferrell est d'accord aussi avec cette théorie, page 43.

Nous pouvons admettre que les conditions qui prédisposent l'air au mouvement rotatoire peuvent être très-différentes mais le fait que nous avons prouvé déjà, savoir : que la giration avec le soleil est la forme la plus fréquente de la transition du vent dans les deux hémisphères, montre que les mouvements cycloniques ne sont pas la forme dominante du mouvement atmosphérique. Nous rappellerons en outre qu'il faut expliquer, non-seulement la rotation des cyclones, mais aussi pourquoi leur centre marche dans une direction définie et tourne presque à angle droit avec leur première route quand ils atteignent le bord de la zone torride. Il faut encore chercher à connaître pourquoi, tandis que dans tous les pays chauds, les conditions nécessaires à l'existence d'un « courant ascendant » local se présentent abondamment, les cyclones sont surtout fréquents dans certaines parties du globe; et pourquoi, dans ces parties, ils sont plus communs dans certaines saisons. La véritable nature d'un « courant ascendant » suppose préalablement l'existence de quelque cause qui imprime à l'air une tendance à monter plus en un point que dans tout autre aux environs immédiats, phénomène qui peut être produit par la chaleur ou par la condensation de la vapeur aqueuse. Il semble néanmoins inadmissible de supposer qu'un tel agent de prédisposition puisse marcher pendant des jours et des nuits en suivant une route définie, de sorte qu'il est beaucoup plus naturel de placer un « courant ascendant » en avant d'un cyclone dans le but de frayer sa route. L'idée que la marche du cyclone est due à l'impulsion est aussi peu naturelle que celle qu'elle est due à l'attraction, car la route du cyclone coupe celle des vents alizés sous un angle presque droit. Thom dit expressément que la violence des typhons est moins grande pendant le jour, moment où les conditions pour qu'il y ait un « courant ascendant » existent sur une plus grande échelle que pendant la

nuit, autant du moins que toute l'expérience que nous avons de ce sujet nous le montre.

En outre, la différence de vitesse de rotation entre les différentes parties de l'air de la zone torride qui ont été précédemment en contact avec la surface de la terre, si elles ne proviennent pas de latitudes très-différentes, est beaucoup moindre que celle que l'on observe lorsque l'air du contre-courant, qui est venu de régions éloignées sans toucher le sol, entre en contact avec le courant qui est en dessous. Enfin, on ne peut pas expliquer pourquoi, puisque les conditions pour qu'il y ait « courant ascendant » existent sur une grande échelle dans la zone torride, et si les cyclones sont en conséquence particuliers à cette zone, nous ne les trouvons pas toujours en dedans d'une certaine distance définie de l'équateur. D'après ma théorie, ce fait est expliqué, car il n'y a pas de raison pour que l'air descende dans la zone des calmes, où il monte *en masse*; et ces conditions ne se présentent réellement que lorsque nous atteignons un point où les vents alizés directs et les contre-alizés passent l'un sur l'autre, et se mêlent ensemble toutes les fois que le contre-courant est arrêté dans sa marche par un courant latéral ou par toute autre cause.

Je n'affirmerai pas cependant que tous les ouragans des Indes-Occidentales doivent leur origine à l'intrusion du contre-courant alizé supérieur dans le courant inférieur, car la preuve mécanique de la rotation que nous avons donnée (page 179) est aussi vraie qu'avant, si nous supposons qu'une portion du vent alizé S. E. traverse l'équateur, entre dans l'hémisphère Nord, et donne naissance à un cyclone.

Les observations faites à New-Mexico et en Californie, et publiées récemment, montrent une absence si complète de pluie en été, qu'il semble régner dans cet endroit une sécheresse relative, semblable à celle des déserts qui sont dans l'intérieur des continents de l'ancien monde. Les observations barométriques faites à San-Sacramento pendant trois ans ont donné les résultats suivants.

	BAROMÈTRE.	AIR SEC.	TENSION de la vapeur.
Janvier.....	+ 3.683	+ 0.147	6.635
Février.....	+ 1.803	+ 4.569	6.553
Mars.....	+ 1.549	+ 2.642	8.026
Avril.....	- 0.638	+ 0.550	8.153
Mai.....	- 1.520	- 1.422	9.220
Juin.....	- 4.115	- 7.772	12.776
Juillet.....	- 0.990	- 3.785	11.913
Août.....	- 0.889	- 3.353	11.425
Septembre.....	- 2.336	- 3.652	10.414
Octobre.....	- 1.507	- 1.600	9.382
Novembre.....	+ 1.143	+ 1.447	8.814
Décembre.....	+ 3.429	+ 6.477	5.812
Année.....	762.50	735.18	"

Cette table est semblable à celles des pages 49 et suivantes, et elle montre une raréfaction périodique pendant l'été. Il est possible que cette région exerce sur l'alizé du S. E. une attraction semblable à celle qui, sur une plus grande échelle, produit la mousson de S. O. en Asie. Il y a cette différence, toutefois, qu'en Asie, le vent alizé du S. E. rencontre tout le long de son front une atmosphère raréfiée, tandis qu'en Amérique l'atmosphère raréfiée se présente le long du flanc Ouest seulement de l'alizé, de sorte que les ouragans doivent être particulièrement fréquents de ce côté.

L'intrusion de l'alizé du S. E. dans la zone de l'alizé du N. E. serait, d'après ce système, la cause de ces ouragans. Que nous les expliquions par l'hypothèse d'un courant latéral qui s'élève sur l'Afrique et qui arrête l'alizé de retour lorsqu'il coupe sa route, ou par la marche de l'alizé du S. E. le long de la côte Ouest de l'océan Atlantique, nous arriverons à la même conclusion, savoir : qu'ils doivent être plus fréquents pendant l'été.

Dans toutes les tempêtes, quelle que soit du reste la forme

qu'elles présentent, le premier problème à résoudre est de s'assurer de la cause qui a produit une perturbation dans l'équilibre, et la seconde comment cet équilibre a été rétabli. Dans ce cas, il peut se produire des phénomènes ayant quelque ressemblance avec un mouvement d'ondulation. Il y aurait cependant beaucoup d'exagération à supposer que toute perturbation atmosphérique qui produit un maximum ou un minimum barométrique marchant sur la terre, est une onde atmosphérique, comme cela est clairement prouvé par les tempêtes des 2 et 3 février 1823 (page 239). Pour la même raison, une onde atmosphérique, ou un changement de pression indiqué par une élévation du baromètre d'un minimum à un maximum et par une autre baisse à un second minimum, comme étant le résultat du déplacement d'un courant équatorial par un courant polaire, qui est à son tour déplacé dans son circuit par le premier, ne peut pas être considérée comme un phénomène complet. Il nous suffira de citer les paroles de Radcliff Birt, pour prouver que cette conclusion n'est pas due seulement à mes recherches sur les grandes oscillations barométriques, mais qu'elle est le résultat d'un examen sans parti pris de tous les phénomènes de cette nature. Dans son *Report on Atmospheric Waves*, 1846, Birt dit : « Après avoir très-attentivement lu le journal de M. Brown, j'ai trouvé que la théorie des courants parallèles du professeur Dove, ou des couches alternatives de vent contraire, jette un grand jour sur le caractère véritable des ondulations atmosphériques. » Cinq ans après la publication de cet ouvrage, et vingt-trois après la publication de mes premiers travaux, Quetelet arrivait aux conclusions suivantes : « Les direction des vents n'ont pas de rapports apparents avec les directions des ondes barométriques. » Je comprends parfaitement pourquoi cette conclusion négative, si évidente par elle-même, est citée comme un « fait important. » Il y a, ce me semble, une question à laquelle les physiciens qui considèrent les oscillations du baromètre comme des ondes primitives n'ont pas répondu encore, savoir : pourquoi on n'a jamais signalé des ondes aussi grandes dans la zone torride, et pourquoi les oscillations qui apparaissent à certains endroits de cette zone, dans la région

des ouragans, prennent une forme totalement différente il faut espérer que M. Lamont expliquera ce fait, comme il a publié son opinion sur ce sujet, dans ses « Résultats des recherches météorologiques, » pour l'année 1857, où il dit : « Puisque de grandes ondes semblables à celles de la mer se propagent dans l'atmosphère, leur pression est constamment susceptible de changer, et elle augmente comme l'onde approche. On pense généralement que les oscillations du baromètre sont dues aux variations dans la densité de l'air, et que la surface supérieure de l'atmosphère ne doit ni monter au-dessus ni baisser au-dessous de son niveau originel. Je suis disposé à croire que, pendant la marche dans l'atmosphère d'un courant de longue durée, sa surface devient inégale, étant élevée dans certaines parties et basse dans d'autres. » Herschel, qui, le premier, a donné des moyens qui ont rendu ces recherches possibles, soit les observations simultanées, sur ce qu'il appelle les *term days*, a établi (*Meteorology*, page 70) les distinctions suivantes entre les ondes atmosphériques et celles de la mer : « Que les perturbations dans lesquelles elles prennent naissance ne sont pas (comme dans les vagues de la mer) seulement superficielles, mais qu'elles s'étendent dans toute la profondeur de l'atmosphère, et qu'elles sont plus puissantes au niveau du sol. » Lamont, au contraire, transporte l'origine des oscillations barométriques à la surface supérieure de l'atmosphère, région entièrement inaccessible aux observations. Dernièrement, l'amiral Fitzroy, dans un appendice à la traduction anglaise de la première édition de cet ouvrage, après avoir discuté les grandes ondes, a parlé des vagues en général, à la page 87, dans les termes suivants : « On peut expliquer également l'existence de toutes les ondes atmosphériques même les plus faibles au moyen de la Loi de Giration de Dove. »

Les observations suivantes suffiront pour expliquer en peu de mots mes idées sur cette question si controversée. C'est une erreur de supposer que, lorsqu'il existe des oscillations barométriques étendues, l'air se porte *toujours* vers le point où la pression est la plus faible; ou, en d'autres termes, que le vent est toujours produit par une perturbation de l'équilibre barométrique. Cette interprétation n'est vraie ni pour les cy-

clones, dont la direction marche à angle droit avec celle du vent régnant, ni pour les tempêtes de la zone tempérée, dans lesquelles, lorsque le courant équatorial pénètre dans le courant polaire, le minimum barométrique marche dans la direction du courant, et l'air, conséquemment, se porte vers une région dans laquelle le niveau barométrique est relativement plus haut que dans celle d'où il est venu. Le côté bas d'une grande onde barométrique représente l'effet de ce courant équatorial, qui peut lui-même amener le courant polaire à lui succéder par la raréfaction qu'il a produite, et par la diminution dans la tension de la vapeur qu'il contient, diminution due à la perte partielle de cette substance par condensation. Nous voyons, en conséquence, que le côté élevé d'une onde barométrique doit son origine à des causes diamétralement opposées à celles qui produisent le côté bas de la même onde. Sous ce rapport, les grandes oscillations barométriques de la zone tempérée diffèrent des oscillations locales qui sont particulières aux régions tropicales. Dans ces dernières, quand un cyclone passe sur le point de l'observation, la baisse du baromètre, au moment où le minimum approche, et sa hausse lorsque le centre a passé dessus, indiquent les deux côtés d'une seule et même tempête; dans les premières, qui sont dues aux coups de vent, mais non pas aux cyclones, le côté bas de l'onde appartient à un courant différent de celui qui produit le côté élevé. Conséquemment, les oscillations de la zone tempérée sont accompagnées par de grandes oscillations de température, signe caractéristique qui ne se montre pas dans la zone torride sur une aussi grande échelle. Le retour aux conditions ordinaires de l'atmosphère, aussitôt que les causes de perturbation ont cessé d'agir, se fait suivant les lois que suit tout fluide élastique qui cherche à se mettre en équilibre quand il a subi une perturbation. Si ces oscillations ont le caractère de la vague, il doit être bien entendu que ce n'est pas un phénomène du premier ordre, mais seulement du second.

En parlant des tempêtes de la zone tempérée, nous avons souvent fait observer que celles qui ont passé sur l'Europe ont été suivies de tempêtes en Amérique, ou que les dernières ont précédé les premières. Bien que nous ayons de

grandes raisons pour supposer qu'il existe entre ces phénomènes, qu'on observe dans des localités si grandement éloignées les unes des autres, un rapport direct si grand que nous pouvons les considérer comme ne formant qu'un même tout, il est évident qu'une perturbation de l'équilibre, qui se produit à un point quelconque, peut indirectement donner naissance à d'autres perturbations qui à la fin affecteront des régions éloignées. Dans l'Amérique du Nord, la direction moyenne du vent en hiver est le N. O., et le S. O. en été; c'est le contraire en Europe. Il est donc bien possible que les tempêtes des États-Unis, qui soufflent du pied des Montagnes-Rochenses, de novembre à mars, et qui sont précédées par une élévation du baromètre, équilibrent les courants chauds qui marchent du S. O. vers le N. E., accompagnés par une baisse rapide du baromètre, et qui, traversant l'Europe pendant la même période, produisent la direction Sud prédominante du vent que l'on observe généralement sur ce continent à la fin de l'automne. Les phénomènes qui ont une tendance à se compenser l'un l'autre, comme ceux dont nous venons de parler, doivent nécessairement provenir de ce fait qu'il faut admettre, que tout l'alizé de retour supérieur descendant ne pénètre pas simultanément dans la zone tempérée sur toute la longueur du bord de la zone des vents alizés; mais que tandis qu'il pénètre dans certains endroits, il peut y avoir dans d'autres un reflux de la zone tempérée dans la zone torride. Toute augmentation dans l'intensité d'un reflux doit nécessairement avoir plus ou moins de tendance à engendrer une augmentation correspondante dans l'intensité du flux, afin d'établir une compensation entre eux.

Je ne suis pas étonné que quelques physiciens croient que les courants de la zone tempérée ne se comportent pas comme je l'ai prouvé, et qu'ils imaginent que l'atmosphère de la zone des vents alizés se meut dans un cercle vertical qui lui est propre, tandis que celle de la zone tempérée se meut dans un cercle indépendant, mais tournant dans une direction contraire. D'après ce système, la région où la pression barométrique est augmentée, au bord de la zone des alizés, représente la région où les deux courants supérieurs, celui de la zone torride

et celui de la zone tempérée, descendent à la surface de la terre. En réponse à cette théorie, nous ferons observer que l'on peut expliquer très-naturellement la constance de la composition chimique que l'on observe dans l'atmosphère en supposant que la végétation énergique de la zone torride abandonne l'oxygène qui est nécessaire à la conservation de la vie animale des régions extra-tropicales; de sorte que la zone torride fournit le mouvement acquis qui est absolument nécessaire pour le travail du grand vivier qui existe sur la surface du globe. En outre, nous trouvons que la quantité de pluie qui tombe à la limite extérieure de la zone torride ne pourrait pas être alimentée par un courant qui aurait passé dans les couches supérieures de l'atmosphère allant du pôle aux tropiques.

On pourrait peut-être concilier ces deux systèmes en supposant que le contre-courant alizé supérieur de la zone torride descend à la limite extérieure de cette région; qu'il passe dans la zone tempérée; s'élève de nouveau quand il arrive dans les hautes latitudes; revient sur ses pas comme courant polaire dans les couches supérieures de l'atmosphère de la zone tempérée; descend de nouveau aux tropiques; entre dedans en allant vers l'équateur le long de la surface de la terre, sous forme d'alizé direct ordinaire, et qu'il monte de nouveau à l'équateur. D'après ce système, les routes des courants peuvent être figurées par un huit horizontal (∞) et elles se couperaient dans la région où le baromètre est le plus élevé, près des tropiques. Maury a donné plusieurs fois un dessin graphique de ce système. Nous savons que les mouvements oscillatoires peuvent être propagés en se coupant; mais cela ne peut avoir lieu pour les courants, parce que toutes les fois que deux courants se rencontrent, sous un angle plus ou moins aigu, il se forme une résultante de mouvement qui est une moyenne entre les deux. Maury est conduit par l'explication qu'il donne à supposer que l'air se meut aux pôles selon un huit vertical (8), supposition qui paraît tout à fait arbitraire. En outre avec un tel système on expliquerait difficilement le fait que j'ai signalé, savoir: que les fluctuations non périodiques de la température sont toujours compensées, dans leur propre hémisphère, par l'existence simultanée dans

des localités adjacentes, d'une température rarement trop basse et rarement trop élevée de l'atmosphère; de sorte que la somme totale de la chaleur est constante et que c'est seulement sa distribution qui varie à différents moments. Ce fait est facile à expliquer au moyen du système que j'ai proposé. Le contre-courant alizé, en atteignant la surface de la terre, reprend sa température originelle par la réduction de volume qu'il subit en descendant; et ayant été ramené à son premier état de saturation par l'abstraction de la vapeur aqueuse qui a été condensée pendant qu'il monte entre les tropiques, il s'écoule à certains endroits dans la zone tempérée. Simultanément avec cet effet il y a sur d'autres points un flux d'air de la zone tempérée dans la zone torride. Quant aux pluies, il existe une compensation semblable sur une grande échelle, ainsi qu'on peut le voir par les faits ci-après : les années 1857-1858 furent si remarquablement sèches dans toute l'Europe centrale, que la Seine à Paris fut plus basse qu'elle n'avait jamais été, et quelques parties du lit du Rhin qui n'avaient jamais été à sec découvrirent. Pendant la même période, le niveau du lac Ontario fut de 0^m 6 plus élevé que son niveau moyen déterminé par quatorze années d'observations.

Lorsque nous discutons le courant polaire de la zone tempérée, nous fûmes amené à conclure qu'il s'étendait dans toute l'épaisseur de l'atmosphère, lorsqu'il avait réussi à déplacer le courant équatorial. Quand, dans de semblables circonstances, il entrera dans la zone torride, il est évident que le contre-courant alizé sera forcé de laisser une route libre à la partie supérieure du courant polaire, et de se frayer lui-même un passage dans la zone tempérée à quelque autre endroit. Dans ce cas, on observerait des vents de N. dans les couches supérieures du vent alizé de N. E., et M. Lartigue qui a observé ce vent lui-même dit, page 18 : « Quand les courants polaires du N. et du N. E. atteignent le vent alizé, la partie supérieure du courant a une direction plus Nord que celle du vent qui est en dessous, et les nuages, s'il y en a, marchent dans une direction variant entre le N. et le N. E. Toutes les fois que cette réunion n'a pas lieu nous avons un vent d'E. ou de S. E. au-dessus du vent de N. E.,

au-dessus de ce dernier encore un vent de S. E. ou de S., et enfin dans les régions les plus élevées de l'atmosphère, un vent de S. ou de S. O. »

Conclusions générales.

Si nous réunissons tous les faits que nous avons cités dans les pages précédentes, nous en déduirons certaines lois générales.

1. Tous les courants permanents de vent sont déviés par le mouvement de rotation de la terre autour de son axe. Les courants équatoriaux sont déviés dans l'O.; les courants polaires vers l'Est. Les vents alizés du N. E. et du S. E. sont des courants polaires permanents. Les moussons sont des courants polaires et équatoriaux alternatifs, selon la saison de l'année; de sorte que leurs directions dans l'hémisphère Nord sont N. E. et S. O.; dans l'hémisphère Sud, S. E. et N. O.

2. Si des masses d'air, primitivement en repos, se mettent d'elles-mêmes en mouvement le long des méridiens, elles feront tourner la girouette comme ci-dessous :

Les courants polaires dans l'émisphère Nord du N. vers l'E.

—	—	—	Sud	—	S.	—	E.
—	équatoriaux	—	Nord	—	S.	—	O.
—	—	—	Sud	—	N.	—	O.

De là en général dans l'hémisphère Nord :

Les vents entre le N. et l'E. sont le courant polaire.

— — E. et le S. sont sa transition au courant équatorial.

— — S. et O. sont le courant équatorial.

— — O. et N. sont sa transition au courant polaire.

Dans l'hémisphère Sud :

Les vents entre le S. et l'E. sont le courant polaire.

— — E. et le N. sont sa transition au courant équatorial.

— — N. et O. sont le courant équatorial.

— — O. et le S. sont sa transition au courant polaire.

Nous déduisons de ces règles les rotations suivantes :

Pour l'hémisphère Nord $\Rightarrow$ S., O., N., E., S., $\Leftarrow$ avec le soleil.

— — Sud $\Rightarrow$ S., E., N., O., S., $\Leftarrow$ avec le soleil.

3. Un courant de vent permanent peut être empêché de suivre la déviation qui lui serait imprimée par la rotation de la terre.

α. Par un vent qui souffle constamment à angles droits avec sa propre direction primitive. Tels sont les ouragans des Indes-Occidentales, qui conséquemment dans la première partie de leur route marchent du S. E. au N. O., et les ouragans de l'hémisphère Sud qui marchent du N. E. au S. O.

β. Par un courant qui a subi une moindre déviation. Telle est l'origine des typhons pendant la mousson du S. O., courant qui est limité à son côté Est par la mousson du Sud. Il est cependant probable que la plupart des typhons qui marchent de l'O. à l'E. doivent leur origine à ce que l'air lourd de la région de l'alizé, qui est plus à l'E., pénètre latéralement dans l'air raréfié de la mousson du S. O., et engendre ainsi un cyclone.

γ. Par un obstacle mécanique, comme la tempête décrite par Piddington et dont nous avons parlé page 184. Voir la carte N° 5.

Dans ces cas, lorsque la tempête qui est engendrée appartient au courant équatorial, les cyclones dans l'hémisphère Nord ont une rotation rétrograde, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre ; dans l'hémisphère Sud, il est direct ; d'où nous déduisons les règles suivantes pour la révolution de la girouette.

Dans l'hémisphère Nord :

α. Si le centre d'un cyclone passe dans l'O. d'une station donnée, la rotation sera :

➡ S., O., N., E., S., ← ou avec le soleil.

β. Si le centre du cyclone passe dans l'E. d'une station, la rotation sera :

➡ S., E., N., O., S., ← ou contre le soleil.

Contrairement dans l'hémisphère Sud :

α. Si le centre passe dans l'O. d'une station, la rotation sera :

➡ S., E., N., O., S., ← ou avec le soleil.

β. Si le centre passe dans l'E. d'une station, la rotation sera :

➡ S., O., N., E., S., ← ou contre le soleil.

Nous voyons, conséquemment, que dans les deux hémisphères, un cyclone équatorial qui passe dans l'O. d'une station quelconque produit une rotation normale de la girouette, soit dans le sens de la Loi de Giration; tandis qu'un cyclone passant dans l'E. de la même station produit une rotation anormale de la girouette, c'est-à-dire dans un sens contraire à la Loi de Giration. Les cyclones polaires produiront des effets absolument contraires à ceux que nous venons de décrire. Si de pareils cyclones existent, la rotation est normale quand ils passent dans l'E. d'une station, et anormale quand ils passent à l'O. de la même station.

Ce qui prouve l'exactitude de la vieille règle qui dit que pendant les tempêtes il y a des révolutions complètes anormales. Si nous ne connaissons que la direction dans laquelle le changement a lieu, nous ne pouvons décider si c'est un cyclone équatorial qui passe d'un côté de notre position, ou un cyclone polaire qui passe de l'autre côté. Le rumb du com-

pas auquel le changement a commencé pourrait cependant l'indiquer, parce que dans un cyclone ce point ne peut jamais être à une distance plus grande que la moitié d'une révolution complète du point où il se termine.

4. La girouette peut tourner d'un rumb du compas directement au rumb opposé.

α. Quand deux vents ordinaires, soufflant dans des directions contraires, se rencontrent, ou, comme disent les marins, quand ils se battent.

β. Quand le centre d'un cyclone passe sur le point de l'observation.

5. Il existe des cas possibles où une tempête ne fera pas tourner la girouette, bien qu'elle soit réellement un cyclone. Cela arrive quand la station est placée sur la courbe formée par les tangentes successives à la route du cyclone. Dans ce cas, la tempête paraît avoir un mouvement rétrograde d'un côté de sa route et progressif de l'autre. Si, par exemple, un cyclone qui a une rotation rétrograde marche du S. O. au N. E., nous trouverons que, dans la région qui gît au côté N. O. de la route, on sentira le vent de N. E. le premier aux stations Sud; tandis que, dans la région qui gît au côté opposé de la route, le vent de S. O. paraîtra marcher réellement dans la direction vers laquelle il souffle, et on ne le sentira dans les stations Nord qu'après qu'on l'aura ressenti dans le Sud. Le premier cas a été parfaitement observé et décrit par Franklin lorsqu'il voulut observer une éclipse de lune (page 198). Les personnes qui, s'appuyant sur ces exemples ou d'autres semblables, divisent le vent en vents *positifs* par *aspiration*, et *négatifs* ou par *impulsion*, appellent un des côtés de la tempête positive et l'autre côté de la même tempête négative.

6. Dans la zone tempérée quelques tempêtes, en outre de celles que nous avons décrites, proviennent d'un mélange latéral de deux courants contraires. Dans ce cas la rotation de la girouette, pendant le cours du mélange, peut être avec le soleil ou contre le soleil, selon les directions des courants qui se déplacent l'un l'autre.

7. Des phénomènes locaux, comme les brises de terre et de mer, les contre-courants dans les vallées, les déviations des

vents alizés par les côtes, les trombes, etc., affectent la girouette selon des circonstances qui sont strictement locales, et peuvent aussi donner naissance à des rotations dans le sens de la loi ou contraires à la loi¹. Dans les pays de plaine, ils ont lieu périodiquement tous les jours, et ils sont d'autant mieux tranchés que les vents réguliers sont moins permanents. On les observe en conséquence dans la région des vents « variables, » entre les alizés; au « changement de la mousson, » dans la région des moussons; et en général dans l'été quand le « courant ascendant » diminue l'influence des courants horizontaux. Il n'est pas absolument impossible que, indépendamment des circonstances locales, le mouvement journalier apparent du soleil puisse produire une rotation périodique de la girouette. Si le point où la température atteint un maximum dans le jour est un centre vers lequel les masses d'air voisines sont attirées, il est évident que dans la matinée le vent sera plus Ouest, et dans la soirée plus Est; de sorte que la girouette tournera dans une direction contraire au mouvement de l'aiguille magnétique.

Si les cyclones n'étaient pas limités à certaines régions, il y aurait autant de chances pour qu'une station donnée se trouve au côté Est de leur route qu'au côté Ouest. Même quand les cyclones doivent leur origine à des conditions locales fixes, et que conséquemment la direction de leur route offre une grande uniformité, il est impossible de considérer

¹ Les petits tourbillons de vent (trombes) ne tournent pas régulièrement dans une même direction, de sorte qu'on peut en voir tourner plusieurs en même temps dans des directions différentes. Bridgeman dit qu'à Goruckpore, « ils tournaient indistinctement les uns d'un côté, les autres de l'autre. Ils ne sont pas soumis à une loi produisant l'uniformité du mouvement. » Reid fait les mêmes observations pour les Bermudes, et Thom pour les tourbillons de poussière du Scinde. Ce dernier dit expressément qu'il en a vu une demi-douzaine ensemble, dont deux voisins l'un de l'autre tournaient dans des directions différentes. La nature des substances qui sont transportées par les trombes dépend de la nature de la surface sur laquelle elles sont; c'est de l'eau dans les trombes marines, du sable dans les déserts, de la poussière dans les pays où il n'y a ni eau ni sable, et enfin des cendres dans les régions volcaniques, comme celles que nous avons décrites et qui ont eu lieu en Islande.

une rotation quelconque de la girouette, dans une direction ou dans une autre, comme la direction prédominante pour des stations choisies au hasard sur la surface des deux hémisphères, puisqu'il y a autant de probabilité pour qu'une station donnée gise d'un côté de leur route ordinaire que de l'autre. La permanence d'une rotation de la girouette dans une direction (avec le soleil) est en conséquence un phénomène qui n'a aucun rapport avec le mouvement de rotation des vents dans les tempêtes, mais elle est due seulement à l'influence de la rotation de la terre sur les courants ordinaires de l'atmosphère.

Quant à la raison de cette permanence d'une direction, on peut lui assigner trois causes ; elle peut provenir :

1. De ce que toutes les rotations de la girouette dans de grands arcs sont dues à des cyclones ; dans ce cas :

α. Si ces cyclones éclatent dans des localités différentes sans qu'on observe aucune régularité dans leur apparition, il n'y aura pas de direction dominante de rotation de la girouette.

β. S'ils sont locaux quant à leur origine, et qu'ils suivent des routes qui sont plus ou moins constantes, il y aura certaines stations, dans chaque hémisphère, où la rotation S., E., N., O. est dominante, et d'autres où la rotation contraire est plus commune.

2. Ou toutes les rotations de la girouette sont dues à des déplacements alternatifs et mutuels des courants méridionaux ordinaires, d'après le principe émis pour la première fois par Hadley pour les vents alizés. Dans ce cas la rotation dans l'hémisphère Nord est S., O., N., E., S. ; dans l'hémisphère Sud S., E., N., O., S., et dans les deux cas « avec le soleil. » Dans ces conditions un changement dans une direction contraire ne peut jamais dépasser un quart de cercle.

3. Ou, enfin, les rotations sont dues aux deux causes énoncées ci-dessus, savoir à l'alternance des courants et aux mouvements cycloniques. Nous voyons donc que les rotations dans les deux directions doivent exister dans les deux hémisphères, mais que celles « avec le soleil » sont les plus fréquentes. Cela est évident puisque la première cause ne pro-

duit que des rotations, « avec le soleil, » tandis que la seconde produit autant de rotations « avec le soleil » que « contre le soleil. » Conséquemment, quelque nombreux que soient les cyclones, il y aura toujours plus de rotations directes que de rotations rétrogrades.

Les recherches qui précèdent ont prouvé que les cyclones prédominent surtout dans certaines contrées, et qu'ils suivent certaines routes définies; ils sont connus sous les noms de :

a. Ouragans des Indes Occidentales (*Aracan* ou *Huiranvucan* de la côte du Mexique, *Vuthan* dans la Patagonie) qui soufflent à la limite intérieure de l'alizé du N. E., et aussi en dedans de l'espace affecté par ce courant, surtout à la fin de l'été et en automne, selon que les causes originelles du mouvement rotatoire sont dues à l'interposition de l'alizé du S. E. avec l'alizé du N. E., ou à l'intrusion du contre-courant alizé dans l'alizé vrai qui est en dessous. Ils marchent du S. E. vers le N. O. aussi longtemps qu'ils sont dans la zone torride, mais en traversant la limite de l'alizé, ils tournent à angle droit et ils marchent du S. O. au N. E.; tandis que le cyclone, qui tourne dans une direction rétrograde, s'élargit énormément¹. Les cyclones semblent être moins communs dans l'alizé du S. E.

b. Dans le N. de l'océan Indien et dans les mers de Chine, les typhons sont plus fréquents en automne, mais ils sont aussi très-violents au commencement de la mousson du S. O. Leur route est plus de l'E. vers l'O. que du N. E. vers le S. O., surtout sur la côte Sud de la Chine. Dans la partie Sud de l'océan Indien ils sont aussi très-violents, marchant du N. E. au S. O. et tournant à angle droit lorsqu'ils sortent de la zone de l'alizé pour

¹ D'après Redfield, le diamètre des cyclones dans le voisinage des îles des Indes Occidentales varie de 100 à 150 milles marins, et leur expansion en dehors de la zone torride atteint une si grande dimension que leur diamètre a souvent de 600 à 1,000 milles. Thom donne de 400 à 600 milles à leur diamètre dans la partie Sud de l'océan Indien. Piddington dit 250 milles dans la mer Arabique, et 500 à 550 milles dans le golfe du Bengale. Dans ce dernier, le diamètre des cyclones est quelquefois réduit de 500 ou 550 milles à 150 milles, sa violence augmentant en proportion. Le même auteur donne de 60 à 80 milles en moyenne pour le diamètre des typhons dans les mers de Chine.

marcher du N.O. vers le S.E. La rotation de ces cyclones est contraire à la marche des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord, et dans le sens de cette marche dans l'hémisphère Sud. Les causes qui donnent naissance à ces tempêtes sont la contiguité des régions des alizés et des moussons, et le déplacement d'une mousson par l'autre.

Comme les cyclones sont des phénomènes dont l'origine est strictement locale, il n'est pas probable que leur mouvement rotatoire soit le seul, ou même le type le plus ordinaire du mouvement atmosphérique, et qu'il soit dû par conséquent à la même cause, d'une origine inconnue; ou, comme on l'a supposé souvent, que ce soit l'électro-magnétisme qui engendre dans les cyclones une tendance à une rotation de droite à gauche dans l'hémisphère Nord et de gauche à droite dans l'hémisphère Sud. Cette impression, qui est très-générale, provient de ce qu'on a considéré les changements de la girouette qui se faisaient dans le sens de la Loi de Giration, comme des indications d'une perturbation cyclonique; de sorte qu'on a cru que ce type de mouvement atmosphérique était beaucoup plus fréquent qu'il n'est réellement d'après l'expérience.

L'analogie entre les phénomènes qui accompagnent les cyclones et ceux produits en conformité de la Loi de Giration par les courants de vent ordinaires est si grande que, quand je publiai en 1827 les observations que j'ai faites à Königsberg, j'appelai particulièrement l'attention sur les faits suivants: toutes les fois que le courant équatorial s'établit subitement et qu'il est aussi subitement déplacé de nouveau, au moment même où le baromètre est à son niveau le plus bas, les orages qui appartiennent au courant équatorial sont séparés de ceux produits par l'intrusion du courant polaire dans le premier par une courte période de temps clair, que j'ai nommée « intervalle clair » (*trennende-Heile*). Au centre d'un cyclone, quand le baromètre est le plus bas, on observe si fréquemment un moment de beau temps semblable que les marins lui ont donné le nom particulier « d'œil de la tempête, » *abra-ojo* en espagnol, *abrolho* en portugais. Le capitaine Salis le décrit ainsi, dans un cyclone qu'il reçut à bord du paquebot les *Mers-du-Sud*, par 38° S. et

22° E. : « Tandis qu'il y avait une couche épaisse de nuages autour de nous, le ciel était assez clair sur nos têtes pour que nous puissions voir les étoiles, dont l'une droit sur le sommet du mât de misaine était si brillante que chacun à bord y fit attention. Le baromètre était à 705^{mm}8. »

D'un autre côté on peut admettre que, par l'effet de certaines circonstances locales, un cyclone peut être modifié dans une étendue telle que, dans des localités particulières, il prend la forme d'un coup de vent ordinaire ; mais si l'on suit sa route sur un grand espace, il montre alors le caractère d'un vrai cyclone. C'est, selon Redfield, ce qui a lieu pour les *Nortes* du golfe du Mexique qui soufflent à la Vera-Cruz, particulièrement de septembre à mars. Ils atteignent dans quatre heures leur plus grande violence et ils soufflent avec la même force pendant quarante-huit heures sans interruption. Redfield, pour expliquer la persistance si longue de ces tempêtes au même rumb, suppose que les cyclones en marchant vers l'E. rencontrent la haute terre devant eux, de sorte que leur forme circulaire est changée en une forme elliptique qui devient enfin presque rectiligne. Le vice-amiral Adam dit que l'on reconnaît un *Norte* sur la barre de Tampico aux symptômes suivants :

1. L'atmosphère est généralement humide.
2. Le pic d'Orizaba est parfaitement visible, tandis que les parties basses de la montagne sont enveloppées de nuages.
3. Les montagnes de l'intérieur vers le S.E. sont extraordinairement claires, et tous les animaux semblent succomber à une chaleur excessive.

Les tempêtes du N.E. et du N.N.E. de l'océan Pacifique qui sévissent à Guatemala et dans le Nicaragua, et qui sont connues sous les noms de *Papagallo* et *Tehuantepec*, sont, d'après Redfield, le côté du beau temps des cyclones ; tandis que les coups de vent de S.O. qui éclatent en août et septembre et appelés *Tapayaguas* représentent le côté opposé de ces mêmes tempêtes.

Pour nous guider au milieu de ce mélange de phénomènes identiques dans leurs formes, quoiqu'ils puissent différer quant à leurs origines, nous avons discuté séparément, dans le premier exemple, ceux qui dépendent de la Loi de Giration, et dans le

second ceux qui sont dus aux tempêtes, que ces derniers soient des ouragans ou des coups de vent.

Pour conclure, je vais grouper les résultats des indications données par les instruments météorologiques sous forme de règles pratiques. Ces règles seront les plus simples dans la zone des vents alizés, parce que dans cette région la distance entre le commencement et la fin du courant reste constante, de sorte que la rotation de la terre ne fait pas tourner la girouette régulièrement, mais lui imprime seulement une déviation constante, indiquant un courant permanent, le vent alizé; et aussi le caractère des tempêtes est exclusivement rotatoire. Dans la zone des moussons elles sont un peu plus complexes, parce que dans cette région, l'alternance annuelle des deux courants produit une rotation annuelle de la girouette, qui indique des vents périodiques; également les tempêtes, bien qu'elles soient encore rotatoires, ne suivent pas une route aussi uniforme, cette dernière pouvant toujours s'écarter dans une certaine étendue de la direction du vent régnant, dans le but de produire un cyclone. C'est dans les zones tempérées qu'elles sont le plus compliquées, là la Loi de Giration se montre dans toute sa généralité et les tempêtes ont en conséquence un caractère très-connu. Les zones tempérées possèdent cependant sur la zone torride cet avantage, que la violence des cyclones qu'on y éprouve est bien adoucie, si on la compare à la fureur de ces mêmes tempêtes entre les tropiques où elles exercent des ravages si terribles.

Règles pratiques.

Dans les pages qui précèdent nous avons cherché à établir certaines règles fixes sur la manière dont se comportent la girouette et le baromètre sous l'influence des différentes classes de tempêtes qui peuvent éclater dans les zones tempérées et torrides, et nous avons indiqué leurs variations, qui sont dues à la Loi de Giration: Nous pouvons maintenant chercher à résoudre le problème suivant: quelles indications les instruments donneront-ils de l'approche d'une tempête?

Les baromètres marins sont sans nul doute de bons instruments, mais susceptibles de se briser au moment du danger¹; tandis que les baromètres anéroïdes, que l'on peut se procurer maintenant pour un prix modéré (50 à 60 francs), peuvent être fixés comme une montre à la cloison d'une cabine. Nul doute que si on se servait plus généralement de cet instrument dont l'exactitude est suffisante, on pourrait souvent éviter un grand danger, parce qu'il prévient ordinairement assez à temps pour qu'on puisse aller chercher un abri ou différer de prendre la mer. Les mots qui sont gravés sur la plupart des échelles des baromètres peuvent induire en erreur; aussi je vais donner succinctement les lois que suivent les variations des instruments.

1. — RÉGION DES VENTS ALIZÉS.

Le vent permanent de la zone torride, N. E. dans l'hémisphère Nord, S. E. dans l'hémisphère Sud, est divisé en deux parties par la zone intermédiaire des calmes. Cette zone ne tombe pas exactement sur l'équateur, mais un peu au N., de sorte que l'alizé du S. E. s'étend comme vent de S. pendant quelques degrés au N. de l'équateur dans l'hémisphère Nord. La largeur de cette zone est plus grande en été qu'en hiver. (Voir les tables, pages 17 à 21).

Dans la zone des vents alizés le niveau du baromètre varie très-peu pendant toute l'année, mais à la limite extérieure de cette zone il monte de 2^{mm}25 à 4^{mm}50 plus haut qu'à sa limite intérieure; de sorte que le baromètre baisse graduellement de cette quantité à mesure que le navire approche de l'équateur. Dans la période diurne, il varie très-régulièrement, atteignant un maximum vers 9 heures du matin et du soir, et un minimum après 3 heures du matin et 3 heures du soir. Cependant cette variation ne s'étend pas au delà de 2^{mm}25 (page 39).

¹ Thom recommande le sympiesomètre qui est décrit dans le *Edinburg journal of Science*, N° 20, comme donnant des indications particulièrement exactes.

Au centre d'un cyclone, la baisse du baromètre est souvent de 25 millimètres¹; il en résulte donc qu'une baisse subite et rapide du baromètre indique l'approche d'un cyclone.

La route d'un ouragan sépare la portion de la surface de la terre sur laquelle il tourne en deux zones, dans lesquelles le changement du vent, si on l'observe d'un point fixe, est différent. Dans le demi-cercle de droite², pour les deux hémisphères, il est dans le « sens de la marche des aiguilles d'une montre » N., E., S., O., N.; dans le demi-cercle de gauche il est « contraire à la marche des aiguilles d'une montre » N., O., S., E., N. Le capitaine qui juge nécessaire de mettre à la cape doit donc avant tout chercher à connaître quelles sont les amures favorables. Le bord favorable dans tous les cas est celui qui permet au navire de venir au vent (loffer) facilement en suivant les variations de la tempête. Il devra prendre tribord amures dans le demi-cercle de droite (tribord amures si le vent est E. N. E., la route au N.); et bâbord amures dans le demi-cercle de gauche (bâbord amures, si le vent est N. N. E., la route à

¹ En outre des exemples cités déjà, nous avons les données suivantes faisant connaître la baisse du baromètre sur quelques points isolés.

	millim.
Navire <i>Duke of York</i> à Kedgeroe, 1833.....	68.58
— <i>Howqua</i> , mer de Timor, 1844.....	55.88
— <i>John O'Gaunt</i> , mer de Chine, 1846.....	54.64
Brick <i>Freak</i> , baie du Bengale, 1840.....	51.07
Navire <i>Exmouth</i> , océan Indien Sud, 1846.....	50.80
— — Havane, 1846.....	49.58
— <i>London</i> , baie du Bengale, 1852.....	48.26
— <i>Anna</i> , mer de Chine, 1846.....	46.99
— — Maurice, 1824.....	43.18
Navire <i>Neptune</i> , mer de Chine, 1809.....	39.37
Port-Louis, Maurice, 1819.....	38.10
Brick <i>Mary</i> , Indes Occidentales, 1837.....	38.10

Piddington, *Hornbook*, p. 264.

² *Côté droit et côté gauche.* — Ces termes doivent être entendus d'un observateur, placé au centre du cercle d'un cyclone, et qui regarderait dans la direction vers laquelle la tempête marche.

l'Est). Si le bâtiment était sous les amures défavorables dans chacun des demi-cercles, il lui serait impossible de loffer et suivre le vent à mesure qu'il change ; il serait alors dans une position très-dangereuse, incapable d'opposer aucune résistance, car ses vergues seront sur le mât même s'il est à sec de voiles.

Si nous tirons par le centre d'un cyclone une ligne perpendiculaire à la direction de sa route, nous diviserons les deux demi-cercles en quatre quarts de cercle ou cadrans. Il est aisé de voir que le cadran le plus dangereux des deux qui sont en face de l'observateur placé au centre est celui dans lequel le vent souffle vers la route de la tempête. Ce sera le cadran de droite dans l'hémisphère Nord et le cadran de gauche dans l'hémisphère Sud. Dans ces deux cadrans un bâtiment aura toujours le vent contraire pour s'éloigner du centre ; il ne reste dans ce cas d'autre ressource au capitaine que de mettre à la cape tribord amures dans l'hémisphère Nord, bâbord amures dans l'hémisphère Sud. Si cependant le navire est dans une localité où la direction de la route du cyclone est bien connue, et qu'il juge par la direction du vent au commencement de la tempête qu'il est dans le quart de cercle le plus dangereux, et dans une position telle que le centre du cyclone doit passer très-près de lui, il ne courra pas plus de danger en fuyant vent arrière pour couper la route du cyclone et s'éloigner ensuite du cercle en continuant la même route que s'il était resté à la cape.

Dans le cadran gauche de l'hémisphère Nord, celui de droite dans l'hémisphère Sud, le bâtiment pourra s'éloigner du centre en faisant vent arrière. Si l'ouragan est trop violent pour fuir devant le vent, ou si le navire est assez loin du centre pour n'avoir rien à craindre, et qu'il craigne d'être porté trop loin de sa route en fuyant devant le vent, il peut prendre bâbord amures dans l'hémisphère Nord, tribord amures dans l'hémisphère Sud.

Les deux autres quarts du cercle, ceux qui sont en arrière du centre, sont les moins dangereux, parce que le centre du cyclone s'éloigne lui-même de la position du navire qui s'y trouve.

Les cyclones de l'océan Atlantique marchent ordinairement

du S. E. au N. O. dans la zone torride ; conséquemment, si le vent tourne de l'E. N. E. par l'E. à l'E. S. E., etc., le bâtiment est au côté droit (c'est-à-dire N. E.) du cyclone, et il devrait faire route vers le N. E. pour s'éloigner du centre. Cette manœuvre est impossible; il devra donc mettre à la cape tribord amures, et venir successivement au N., N. N. E., N. E., etc.

Si le bâtiment, étant à la cape, le vent prend au N. E. et augmente, et si le baromètre baisse rapidement, le capitaine

HÉMISPHERE NORD.

	DIRECTION du vent au commen- cement de la tempête.	RELEVÉ- MENT du centre pris du navire.	CHANGEMENT du vent.	ROUTE correspondante à faire.	CHANGEMENT du vent.	Route à faire.
1	N. O.	N. E.	N. O. vers O.	S. E.	N. O. vers N.	On doit mettre à la cape tribord amures.
2	N. O. q. N.	N. E. q. E.	N. O. q. N. » O.	S. E. q. S.	N. O. q. N. » N.	
3	N. N. O.	E. N. E.	N. N. O. » O.	S. S. E.	N. N. O. » N.	
4	N. q. N. O.	E. q. N. E.	N. q. N. O. » O.	S. q. S. E.	N. q. N. O. » N.	
5	N.	E.	N. » O.	S.	N. » E.	
6	N. q. N. E.	E. q. S. E.	N. q. N. E. » N.	S. q. S. O.	N. q. N. E. » E.	
7	N. N. E.	E. S. E.	N. N. E. » N.	S. S. O.	N. N. E. » E.	
8	N. E. q. N.	S. E. q. E.	N. E. q. N. » N.	S. O. q. S.	N. E. q. N. » E.	
9	N. E.	S. E.	N. E. » N.	S. O.	N. E. » E.	
10	N. E. q. E.	S. E. q. S.	N. E. q. E. » N.	S. O. q. O.	N. E. q. E. » E.	
11	E. N. E.	S. S. E.	E. N. E. » N.	O. S. O.	E. N. E. » E.	
12	E. q. N. E.	S. q. S. E.	E. q. N. E. » N.	O. q. S. O.	E. q. N. E. » E.	
13	E.	S.	E. » N.	O.	E. » S.	
14	E. q. S. E.	S. q. S. O.	E. q. S. E. » E.	O. q. N. O.	E. q. S. E. » S.	
15	E. S. E.	S. S. O.	E. S. E. » E.	O. N. O.	E. S. E. » S.	
16	S. E. q. E.	S. O. q. S.	S. E. q. E. » E.	N. O. q. O.	S. E. q. E. » S.	
17	S. E.	S. O.	S. E. » E.	N. O.	S. E. » S.	
18	S. E. q. S.	S. O. q. O.	S. E. q. S. » E.	N. O. q. N.	S. E. q. S. » S.	
19	S. S. E.	O. S. O.	S. S. E. » E.	N. N. O.	S. S. E. » S.	
20	S. q. S. E.	O. q. S. O.	S. q. S. E. » E.	N. q. N. O.	S. q. S. E. » S.	
21	S.	O.	S. » E.	N.	S. » O.	
22	S. q. S. O.	O. q. N. O.	S. q. S. O. » S.	N. q. N. E.	S. q. S. O. » O.	
23	S. S. O.	O. N. O.	S. S. O. » S.	N. N. E.	S. S. O. » O.	
24	S. O. q. S.	N. O. q. O.	S. O. q. S. » S.	N. E. q. N.	S. O. q. S. » O.	
25	S. O.	N. O.	S. O. » S.	N. E.	S. O. » O.	

On bien mettre à la cape babord amures.

peut être certain qu'il est près de la route du centre d'un cyclone qui vient vers lui du S. E.; de sorte qu'après le calme, il doit s'attendre à voir l'ouragan souffler du S. O. et le baromètre monter rapidement. Dans ce cas, le bâtiment doit courir vent arrière ou vers le S. O.; il verra aussitôt le baromètre baisser moins rapidement et le vent tourner en arrondissant vers le N.; mais il doit cependant continuer pendant quelque temps encore sa route au S.

HÉMISPÈRE SUD.

	DIRECTION du vent au commen- cement de la tempête.	RELEVÉ- MENT du centre pris du navire.	CHANGEMENT du vent.	ROUTE correspondante à faire.	CHANGEMENT du vent.	Route à faire.
1	S.	E.	S. vers O.	N.	S. vers E.	
2	S. q. S. E.	E. q. N. E.	S. q. S. E. » S.	N. q. N. O.	S. q. S. E. » E.	
3	S. S. E.	E. N. E.	S. S. E. » S.	N. N. O.	S. S. E. » E.	
4	S. E. q. S.	N. E. q. E.	S. E. q. S. » S.	N. O. q. N.	S. E. q. S. » E.	
5	S. E.	N. E.	S. E. » S.	N. O.	S. E. » E.	
6	S. E. q. E.	N. E. q. N.	S. E. q. E. » S.	N. O. q. O.	S. E. q. E. » E.	
7	E. S. E.	N. N. E.	E. S. E. » S.	O. N. O.	E. S. E. » E.	
8	E. q. S. E.	N. q. N. E.	E. q. S. E. » S.	O. q. N. O.	E. q. S. E. » E.	
9	E.	N.	E. » S.	O.	E. » N.	
10	E. q. N. E.	N. q. N. O.	E. q. N. E. » E.	O. q. S. O.	E. q. N. E. » N.	
11	E. N. E.	N. N. O.	E. N. E. » E.	O. S. O.	E. N. E. » N.	
12	N. E. q. E.	N. O. q. N.	N. E. q. E. » E.	S. O. q. O.	N. E. q. E. » N.	
13	N. E.	N. O.	N. E. » E.	S. O.	N. E. » N.	
14	N. E. q. N.	N. O. q. O.	N. E. q. N. » E.	S. O. q. S.	N. E. q. N. » N.	
15	N. N. E.	O. N. O.	N. N. E. » E.	S. S. O.	N. N. E. » N.	
16	N. q. N. E.	O. q. N. O.	N. q. N. E. » E.	S. q. S. O.	N. q. N. E. » N.	
17	N.	O.	N. » E.	S.	N. » O.	
18	N. q. N. O.	O. q. S. O.	N. q. N. O. » N.	S. q. S. E.	N. q. N. O. » O.	
19	N. N. O.	O. S. O.	N. N. O. » N.	S. S. E.	N. N. O. » O.	
20	N. O. q. N.	S. O. q. O.	N. O. q. N. » N.	S. E. q. S.	N. O. q. N. » O.	
21	N. O.	S. O.	N. O. » N.	S. E.	N. O. » O.	

On peut aussi mettre à la cape tribord amurés.

On doit mettre à la cape bâbord amurés.

Si le vent tourne « contre le soleil, » du N. N. E. par le N. vers le N. N. O., etc., le navire se trouve au côté gauche de la route du

cyclone, qui marche du S. E. vers le N. O., et il doit faire route au S. O. Si une cause quelconque rend cette manœuvre impraticable, il doit mettre à la cape bâbord amures, et venir successivement vers l'E., l'E.N.E., le N.E., etc.

La table page 274 contient, pour l'hémisphère Nord, la position dans laquelle on doit placer le navire ou la route à faire pour chaque rumb duquel le vent pourra souffler dans le quart de cercle le plus dangereux ; elle contient aussi les autres quarts de cercle, comme on peut le voir. Les N^{os} 1 à 17 figurent tous les vents qui peuvent être particulièrement dangereux pour un navire, pendant un typhon qui marcherait dans les directions comprises entre le N.E. et le S.E. vers le S.O. et le N.O. ; les N^{os} 5 à 17 représentent les ouragans des Indes Occidentales en dedans de la zone torride ; les N^{os} 9 à 22 leur marche depuis les tropiques jusque par la latitude des Bermudes environ ; les N^{os} 15 à 25 leur marche plus loin dans la zone tempérée.

La 2^e colonne donne les tangentes horizontales au cercle du cyclone, ou la direction du vent à un rumb quelconque au commencement de la tempête. La 3^e colonne donne les relèvements du centre par rapport au navire. La 4^e une série de directions dans lesquelles le vent peut changer. La 5^e colonne donne la route à suivre ou les amures de la cape que l'on devra prendre pour chacune des directions du vent de la 4^e colonne. Les 6^e et 7^e colonnes sont semblables aux N^{os} 4 et 5, mais elles se rapportent au côté le plus dangereux du cyclone ¹.

Les cyclones semblent être moins fréquents dans l'alizé du S. E. Si, dans cette région, on voit le baromètre baisser tandis que le vent change du S.S.E. au S., S.S.O., S.O., vers le N.O., le navire est au N.O. ou au côté droit d'un cyclone qui marche du N. E. au S. O. ; il doit en conséquence faire route au N. O., ou mettre à la cape tribord amures. Si le baromètre continue à baisser tandis que le vent se fixe au S.E., et qu'il augmente, le bâtiment est près de la route du centre qui approche. Dans ce cas le vent sautera au N. O.

¹ James Sedgwick. Les vrais principes de la loi des tempêtes disposés d'une manière pratique pour les deux hémisphères, N^o 174 du Dépôt de la marine. Observations sur les tempêtes tournantes, publiées par ordre de l'amirauté. N^o 250 du Dépôt de la marine.

environ après le calme, et le baromètre commencera à monter. Le bâtiment doit faire vent arrière ou la route au N. O., et il verra aussitôt le vent passer au S., mais il devra continuer sa route au N. O. pendant un certain temps encore. Si le vent change dans une direction contraire, de l'E. par l'E.N.E., le N.E., etc., vers le N. O., le bâtiment est au S.E. ou au côté gauche de la route du centre qui marche du N.E. vers le S. O. ; il est conséquemment dans le quart du cercle le plus dangereux, et tout ce qu'il pourra faire sera de mettre à la cape bâbord amures.

La table page 275 pour l'hémisphère Sud correspond à celle donnée pour l'hémisphère Nord.

Lorsqu'on se servira de ces tables, on se rappellera que le changement du vent dans un cyclone est tel qu'on l'observerait si l'on était à un point fixe. Il peut dans quelques cas, alors que le navire a une grande vitesse, devenir un changement dans une direction exactement contraire à celle qu'on aurait observée, si le navire était resté stationnaire dans chacun des demi-cercles du cyclone, ou au moins il peut subir une modification considérable. Il en sera toujours ainsi lorsque le navire sera dans le quart de cercle le plus dangereux, et s'il fuit vent arrière avec la même vitesse que celle du cyclone, ou même s'il marche plus vite que lui. Pour faire comprendre ce cas, supposons un navire placé au centre du quart de cercle le plus dangereux (compris entre le N.O. et le N.E.) d'un cyclone qui marche du S.E. vers le N.O. dans l'hémisphère Nord. Admettons le diamètre du cyclone de 300 milles, et sa vitesse de 10 nœuds à l'heure. Le navire aura le vent à l'E. au commencement de l'ouragan, et il tournera vers le S. pendant la tempête si on l'observe d'un point fixe ; mais si le navire fait vent arrière avec une vitesse de 10 nœuds à l'heure, il verra le vent tourner au N.E. pendant les douze premières heures et le baromètre baisser rapidement. Il traversera alors la route du cyclone avec le vent, et il verra le vent tourner plus rapidement dans la moitié du compas, au S. O., pendant les sept heures suivantes. Entre la quinzième et la seizième heure, le baromètre atteindra son niveau le plus bas, tandis que le vent sera au N.O., parce que le navire ne sera qu'à 30 milles environ

du centre de l'ouragan. Il traversera la route du centre pour la seconde fois entre la dix-huitième et la dix-neuvième heure, mais ce ne sera qu'après que le centre aura passé, et la tempête se terminera par un vent de S. après trente heures environ.

Si nous supposons le navire à la même place que ci-dessus, mais la vitesse de la marche du cyclone 1 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que la vitesse du navire, soit 15 nœuds à l'heure, ce dernier verra le vent souffler encore de l'E. et augmenter pendant les dix premières heures. Pendant les quatre heures suivantes, le vent tournera normalement vers le S. E., où il sera le plus violent quand le baromètre sera le plus bas. Le cyclone se terminera après 28 heures environ, et pendant les dix dernières heures le vent aura été droit au Sud. Il aura approché à moins de 10 ou 15 milles du centre entre les quatorzième et quinzième heures.

Un bâtiment à la cape dans un cyclone, bien qu'il ait un ou deux nœuds de dérive à l'heure, verra toujours le vent tourner normalement, c'est-à-dire que le changement du vent se fera d'après les règles données précédemment pour chaque demi-cercle, celui de droite ou celui de gauche. On ne saurait trop recommander au capitaine de mettre à la cape dans le premier cas, s'il est dans les parages des cyclones, et si les indications du temps lui font présager une de ces tempêtes. Quand le navire est à la cape, il peut déterminer exactement sa position par rapport au cyclone, et continuer ensuite sa première route, ou en choisir toute autre qui lui paraîtrait plus convenable, ou enfin prendre la cape sur les amures favorables.

Quant aux époques de l'année où ces tempêtes soufflent le plus fréquemment dans les différentes parties de la zone torride, nous pouvons dire, comme règle générale, qu'elles sévissent ordinairement quand le soleil est à sa plus grande hauteur, et qu'elles sont le plus fréquentes à la fin de cette période; conséquemment en septembre dans les Indes-Occidentales et les mers de Chine; en février et mars à Maurice et dans l'océan Indien Sud; tandis que dans le golfe du Bengale elles semblent être plus fréquentes au changement de la mousson, soit en mai et octobre. En outre des chiffres que nous avons

donnés déjà, nous trouvons dans le « Hornbook » de Piddington (page 296, 3^e édition, 1860) la table suivante¹ :

TABLE DU NOMBRE MOYEN DE CYCLONES OBSERVÉS DANS LES DIFFÉRENTS MOIS
ET DANS DIFFÉRENTES PARTIES DU GLOBE.

Nombre de jours.	LOCALITÉS.	AUTORITÉS.	MOIS.											
			Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Jun.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
125	Indes-Occidentales.	<i>Nautical Magazine.</i>	"	"	"	"	"	1	2	13	10	7	"	"
50	Id.....	<i>Journal, E. U. 1843, p. 5.</i>	"	"	"	"	"	1	5	13	13	9	"	"
300	Id.....	<i>Société royale de géographie.</i>	5	7	11	6	5	10	42	96	80	60	17	7
79	Océan Indien Sud, 1809-1848.	Reid, Thom, H. Piddington.	9	15	10	8	4	"	"	"	1	1	4	3
24	Maurice, 1820-1844.	Mon. A. Labutte, Trans. Soc. roy. de Maurice, 1849.	9	15	15	8	"	"	"	"	"	"	"	6
25	Bombay.....	H. Piddington.....	1	1	1	3	9	2	4	5	8	12	9	5
46	Baie du Bengale, 1800-1846.	H. Piddington.....	1	"	1	1	7	3	"	1	"	7	6	3
64	Mer de Chine, 1780-1843.	H. Piddington, capitaine Kirsopp.	"	"	"	"	1	2	5	5	18	10	6	"

Les tempêtes de la zone tempérée dans l'hémisphère Sud ont plus le caractère de coups de vent que celui de cyclones,

¹ Cette table est extraite de la dernière édition du Hornbook, et plus complète que celle donnée par le professeur Dove dans son ouvrage. Nous avons fait ce changement parce que, dans sa première édition, Piddington, dit :

« Dans mes premières éditions j'avais établi qu'on n'avait pas connaissance de cyclones ayant éclaté en mai dans les mers de Chine; mais une lettre du capitaine E. T. F. Kirsopp, du steamer *Juno* de Manille, m'apprend qu'un cyclone d'une grande violence a sévi dans la baie de Manille et dans les parties voisines de la mer de Chine, le 4 mai 1850. »

Il est donc bien important que les marins sachent que de violents cyclones peuvent éclater en mai dans la mer de Chine, et que si à cette époque le ciel a un aspect douteux ou si le baromètre baisse d'une manière extraordinaire on puisse prendre des précautions (édit. ang.).

ainsi qu'il est prouvé par ce fait que le changement le plus fréquent de direction du vent est dans le sens de la Loi de Giration. Dans les *Ondersockingen met den Zeethermometer*, nous lisons, page 109 : « La marche du vent dans les tempêtes est, à quelques exceptions près, du N. par l'O. vers le S. S. O. Les tempêtes qui commencent au S. S. E. durent plus longtemps et ne changent pas beaucoup de direction. »

Le baromètre est plus bas pendant toutes les tempêtes de l'hémisphère Sud que quand il n'y a pas de tempête, comme on peut le voir dans la table suivante :

LATITUDE.	25° — 40°	40° — 45°	45° — 50°
N.	— 12.645	— 10.287	— 12.446
N. N. E.	— 12.645	— 12.245	— 7.581
N. E.	— 10.489	— 11.201	— 11.582
E. N. E.	— 7.581	— 11.421	— 0.000
E.	— 8.890	— 8.992	— 0.000
E. S. E.	— 9.398	— 7.405	— 1.193
S. E.	— 6.909	— 5.791	— 0.000
S. S. E.	— 10.490	— 9.601	— 17.907
S.	— 6.404	— 12.141	— 12.141
S. S. O.	— 7.010	— 10.008	— 11.582
S. O.	— 8.001	— 14.500	— 7.809
O. S. O.	— 8.204	— 14.783	— 9.601
O.	— 10.796	— 14.402	— 12.141
O. N. O.	— 9.500	— 17.501	— 11.503
N. O.	— 10.185	— 15.894	— 11.582
N. N. O.	— 11.856	— 11.998	— 11.503
Moyenne.....	— 10.185	— 10.516	— 10.846

Cette table nous montre que le baromètre est le plus bas avec le courant équatorial, parce que le courant polaire ne produit pas une aussi grande dépression.

Les tornades ordinaires et les orages accompagnés de tonnerres éclatent dans les deux hémisphères lorsque le soleil

est à sa plus grande hauteur ; ainsi on les observe pendant notre été dans l'hémisphère Nord, et pendant notre hiver dans l'hémisphère Sud. Les ouragans prennent aussi le caractère d'ourages, c'est-à-dire qu'ils sont accompagnés par de fortes pluies et par de violentes explosions électriques. Quand un cyclone doit éclater, l'aspect du ciel est caractérisé par des masses de nuages dont les formes changent continuellement, et fréquemment par une banquise de nuages éloignés, mais extraordinairement noirs.

Sur la terre, dans certains pays, les trombes prennent la forme particulière de tourbillons de poussière, dont Baddeley ¹ a donné une description très-exacte. La quantité d'électricité développée par le frottement des sables est si grande qu'il a pu obtenir non-seulement des étincelles, mais une décharge continue d'électricité d'un fil isolé.

Quant à la marche des ondes d'un cyclone, elles s'éloignent du centre dans des directions qui se rapprochent d'autant plus des rayons du cercle qu'elles sont loin du centre. Conséquemment, elles se meuvent du centre vers la circonférence suivant des lignes quelque peu inclinées par rapport à la direction de la rotation du cyclone. Reid a déjà appelé particulièrement l'attention sur ce fait.

Nous obtenons ainsi les différences suivantes entre les trois classes de tempêtes que nous avons examinées :

1. Dans un cyclone, les ondes marchent à angles droits avec la direction du vent, et plus l'angle est droit plus elles sont loin du centre.

2. Dans un fort coup de vent, elles marchent dans la direction du vent.

3. Dans le cas d'un vent qui a été arrêté par un autre, elles marchent contre le vent : les marins disent alors que les vents se battent.

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent se rapporte à la zone torride proprement dite, mais nullement à la limite extérieure

¹ Les tourbillons de vent et les tempêtes de poussière de l'Inde représentés par de nombreux dessins d'après nature.

des vents alizés qui se meut du N. au S. et du S. au N. avec le soleil comme la zone des calmes. Il en résulte que la zone torride sera limitée de tous les côtés, excepté là où les moussons règnent, par une ceinture dans laquelle les calmes sont très-fréquents, et que l'on nomme zone sous-tropicale. Cette zone forme un contraste complet avec celle qui git auprès de l'équateur. Dans cette dernière l'air monte continuellement, dans la première il descend constamment. A l'équateur, le baromètre est bas, aux tropiques il est élevé. A l'équateur la pluie tombe en été, dans la zone sous-tropicale il pleut en hiver. A l'équateur les deux vents marchent l'un vers l'autre; dans la zone sous-tropicale ils marchent dans des directions contraires en partant des tropiques. Toutes les stations qui appartiennent à la zone sous-tropicale sont comprises pendant l'été dans l'alizé, sur son prolongement en arrière dans cette saison, et pendant l'hiver elles sont en dehors de sa surface. Ce prolongement dans la direction des pôles, tel qu'il a été décrit, est rendu évident dans sa forme la plus ample partout où un grand désert, comme celui du Nord de l'Afrique, prolonge la zone torride dans les hautes latitudes sur une étendue disproportionnée. Il en résulte que, pendant l'été, les vents de N. dominant sur la mer Méditerranée où on les appelle *Tramontane*, tandis que le *Siroco* y souffle presque constamment pendant l'hiver; ce dernier étant le contre-courant alizé de retour qui est descendu à la surface de la terre. C'est pour cela que les marins trouvent au commencement de l'alizé un vent plus Nord au côté Est de l'océan Atlantique qu'à son côté Ouest.

2. — RÉGION DES MOUSSONS.

Pendant l'été, dans l'océan Indien, l'alizé du S. E. souffle constamment dans la partie de la zone torride qui est dans l'hémisphère Sud, et la mousson du S. O. dans la partie qui est dans l'hémisphère Nord.

Dans l'hiver, l'alizé du N. E. souffle au N. de l'équateur, et la mousson du N. O. au S.

C'est à cause de cette alternance, que l'alizé du N. E. est appelé mousson du N. E. et l'alizé du S. E. mousson du S. E.

Au printemps et à l'automne, aux mois du « changement des monssons, » il fait calme ; on ressent sur la côte des brises de terre et de mer dans une période de vingt-quatre heures. Le changement d'une mousson à l'autre est ordinairement accompagné par une tempête, « la débacle de la mousson » (*das ausbrechen des Monsoon*).

La mousson du S. O. s'étend plus loin dans le N. (30° N.) dans l'hémisphère Nord que la mousson du N. O. vers le S. dans l'hémisphère Sud ; cependant, cette dernière s'étend aussi loin dans le S. sur la côte d'Afrique.

On observe la saison des pluies, comme dans la région des vents alizés, quand le soleil est le plus haut. Elle règne conséquemment pendant la mousson du S. O. dans l'hémisphère Nord, et pendant la mousson du N. O. dans l'hémisphère Sud.

Il y a cependant une différence dans les effets barométriques. Dans la région des vents alizés le mercure reste presque à un niveau constant pendant toute l'année ; dans celle des moussons, il varie régulièrement. Pendant la mousson du S. O. le baromètre est quelques millimètres plus bas qu'en hiver, surtout dans la partie Nord de cette région ; et pareillement, dans l'hémisphère Sud, il est plus bas pendant la mousson du N. O. que pendant la mousson du S. E. A l'équateur, cette variation annuelle du baromètre disparaît presque entièrement, à cause de la compensation des deux variations contraires.

Les rotations des tempêtes des mers de Chine et de l'Inde sont les mêmes que celles des mêmes latitudes dans la région des vents alizés ; cependant sur la côte de Chine, leur marche est plutôt de l'E. à l'O. que du S. E. au N. O. Une distinction importante à faire, c'est que, dans la région des moussons, les tempêtes éclatent avec une grande violence dans l'hémisphère Sud aussi bien que dans l'hémisphère Nord.

Quoique la direction de la rotation de l'air lui-même soit tout à fait connue (contraire à la marche des aiguilles d'une montre) pendant les typhons, néanmoins, par suite de l'incertitude de la direction dans laquelle le centre peut marcher, la rotation de la girouette est moins déterminée que dans les tempêtes de

l'océan Indien. Les typhons éclatent pendant la mousson du S. O. et vers la fin de novembre ; ils sont plus fréquents en septembre.

Si le typhon marche du N. E. au S. O., au côté N. O. de sa route, la rotation est N., N. E., E. ou avec le soleil ; au côté S. E. elle est O. N. O., S. O., S. S. E. ou contre le soleil. Sur la côte Sud de Chine, la rotation est généralement N., N. E., E., S. E., parce que les typhons qui marchent de l'E. à l'O. passent ordinairement au S. de la côte.

D'après Thom il n'y a de tempêtes dans l'océan Indien qu'à l'époque où la mousson du N. O. souffle entre l'équateur et le 10° ou 12° degré de latitude Sud, et elles sont plus fréquentes aussitôt après le solstice d'hiver, quand le soleil revient du tropique du capricorne.

Les cyclones sont plus fréquents dans la région comprise entre l'alizé du S. E. et la mousson du N. O., nommée région des « vents variables. »

Le mouvement rotatoire a lieu de l'E. par le S. vers l'O. et le N. ; l'intensité du cyclone augmente régulièrement vers son centre. Au centre même il fait calme plat, et la plus grande violence de la tempête est au bord de ce cercle de calme. Le diamètre de ce cercle est le plus grand quand la tempête commence. Si la vitesse du mouvement rotatoire augmente, le diamètre de ce cercle diminue à 10 ou 12 milles anglais environ.

Au delà de 20° S. le cyclone marche avec une vitesse de 200 à 220 milles dans vingt-quatre heures. A partir de ce point sa vitesse devient moins rapide jusqu'à la limite extérieure de l'alizé du S. E.

Depuis 10° S., près de l'Archipel Indien jusqu'à 28° ou 30° sur la côte Est d'Afrique, le cyclone marche d'abord vers l'O. S. O., puis vers le S. O. q. S., et enfin vers le S. S. O.

Dans tout le cyclone il tombe des torrents de pluie qui sont moins considérables en avant qu'en arrière. Les nuages sont noirs, massifs et couleur de plomb, à mesure que le centre approche. Les détonations électriques sont plus fréquentes du côté du cyclone qui est le plus près de l'équateur.

La mer est irrégulièrement tourmentée à une distance de

300 à 400 milles pendant toutes les tempêtes de cette nature.

Le baromètre baisse rapidement à mesure que le centre du cyclone approche, mais il semble qu'on n'observe son niveau le plus bas qu'un peu avant son passage.

3. — ZONE TEMPÉRÉE DU NORD.

Dans mes « Recherches météorologiques, 1837, » j'ai dit expressément que le caractère principal du climat de la zone tempérée est une alternance de deux courants d'air, dont l'un va du pôle à l'équateur, et l'autre de l'équateur au pôle; et dans mes « Variations non périodiques de température sur la surface de la terre, » sixième partie, 1840-59, et aussi dans mes « Représentations des phénomènes de température par une moyenne de cinq jours, » j'ai prouvé que ces courants se meuvent simultanément à proximité l'un de l'autre. Il en résulte que dans ces localités nous ne pouvons pas compter sur une direction constante du vent comme dans la zone des vents alizés, ni sur un changement périodique comme dans celle des moussons, mais seulement sur une direction moyenne. Cette direction moyenne est le S. O.¹ environ dans la zone tempérée Nord, et le N. O. dans la zone tempérée Sud, puisque le courant équatorial souffle plus souvent que le courant polaire.

En Europe, cette direction Ouest est plus Sud en hiver qu'en été; c'est le contraire en Amérique; et la transition graduelle de l'une de ces conditions à l'autre a lieu sur l'océan Atlantique. On y ressent de violentes tempêtes moins fréquemment en été qu'en hiver, et dans la Méditerranée au passage d'une saison à l'autre; c'est ce qui leur a fait donner le nom de « tempêtes équinoxiales. » Ces tempêtes sont: 1^o des coups

On trouve une exception remarquable à cette règle dans la steppe qui est au S. de la Russie; dans cette région qui s'étend depuis la côte Nord de la mer Caspienne jusqu'à la mer Noire, et dans l'intérieur des steppes, la direction moyenne du vent est le S. E., d'après les observations de Wesselovski.

de vent, c'est-à-dire des vents ordinaires dont l'intensité a été grandement augmentée, et qui font tourner la girouette avec le soleil, mais dans des arcs comparativement petits; 2° des cyclones de la zone torride, dont la route a changé en traversant la limite extérieure de cette zone, et qui marchent du S. O. au N. E. dans la zone tempérée Nord, et du N. O. au S. E. dans la zone tempérée Sud; 3° des courants qui en se rencontrant se sont arrêtés et repoussés l'un l'autre; ou 4° des tempêtes produites par l'intrusion brusque du courant polaire froid dans le courant équatorial chaud, cas dont nous avons cité plusieurs exemples remarquables. Ainsi pendant l'année le baromètre ne reste jamais fixe, il ne varie pas régulièrement non plus, mais il subit des oscillations qui sont plus grandes en hiver qu'en été. L'alternance mutuelle des courants est indiquée par une rotation de la girouette avec le soleil, soit S., O., N., E., S. dans l'hémisphère Nord, et N., O., S., E., N. dans l'hémisphère Sud. Nous en déduirons les règles suivantes pour les variations des instruments météorologiques :

Puisque le courant Sud est chaud, humide et raréfié, le courant Nord au contraire, froid, sec et dense, nous aurons les règles suivantes pour leur alternance; et nous rappellerons ici que le courant polaire froid s'établit d'abord dans les couches inférieures de l'atmosphère, tandis que le courant équatorial chaud aura toujours existé pendant quelque temps dans les couches supérieures avant qu'on l'ait ressenti en dessous. C'est pourquoi les changements du temps au côté Ouest du compas ont lieu simultanément avec les changements du baromètre, tandis qu'au côté Est les indications du baromètre précèdent toujours la chute de la pluie. Si le vent change du S. au N. par l'O., le baromètre monte et le thermomètre baisse. Ce changement est caractérisé en hiver par une chute abondante de neige, au printemps par des grains de grésil, et en été par des orages accompagnés de tonnerre après lesquels l'air devient plus frais. Si le vent tourne du N. au N. E. nous avons un temps clair, l'air est sec, le baromètre élevé, et en hiver un froid très-intense avec une grande pureté de l'atmosphère. Aussitôt que le baromètre commence à baisser,

le vent tourne à l'E. ; le ciel, précédemment d'un bleu foncé, se couvre de légers nuages blancs, et la neige qui tombe vient du vent de S. qui s'est établi déjà en dessus. Si le baromètre baisse rapidement, la neige se change en pluie, et le dégel a lieu quand le vent tourne plus au S. O. par le S. E. et le S.¹.

Lorsqu'un ciel clair commence à se couvrir, on voit d'abord de légères bandes de cirrus qui se changent graduellement en cirro-stratus, et alors la couche uniforme de nuages est complète. Ces cirrus sont le courant équatorial, visible d'en bas, qui s'est établi déjà dans les couches supérieures, et dont les progrès sont marqués par ces bandes de nuages. L'eau qui était à l'état de vapeur se condense et prend enfin la forme solide ; de sorte que ces nuages élevés ne sont pas composés de vapeur vésiculaire (*nebelbläschen*), mais de petites aiguilles de glace, et la réfraction de la lumière produit en les traversant les halos du soleil et de la lune, et les cercles que l'on nomme anneaux solaires (*parélie*) et lunaires (*parasélène*).

Si ces apparences accompagnent une baisse du baromètre, c'est un signe certain que le temps va devenir pluvieux². Les longues bandes de cirrus nous paraissent comme des arcs de cercle qui divergent d'un point de l'horizon et qui vont se réunir à un point opposé, parce qu'elles sont projetées sur la courbe apparente du ciel. Cette courbure apparente des cirrus diffère des saillies, semblables aux barbes d'une plume, des mêmes nuages qui montrent que la direction du vent supérieur n'est pas tout à fait constante. Cette dernière forme de cirrus est conséquemment un signe moins certain de pluie que les nuages

¹ On trouve la première observation sur cette transition dans Drebbel, de *Naturæ Elementarum*, 1621. « Si nous voyons un nuage épais monter en été vers le S. O., nous attendons et nous voyons en effet le vent de S. O. souffler aussitôt, puis l'O., le N. O. et enfin le N. N. E. Nous voyons aussi pourquoi le vent d'E. ou de S. E. amène des pluies si fortes et si persistantes en Hollande et dans les pays voisins. Je pourrais facilement expliquer par des raisons naturelles les causes de ces phénomènes. »

² Les vents creux commencent à souffler, les nuages sont noirs, le mercure est bas ; le soleil s'est couché pâle le soir, la lune cache sa tête dans un halo ; il pleuvra sûrement.

en arche allongée. Il est une autre forme de cirrus qui n'indique pas toujours de la pluie, parce que l'air est échauffé pendant le jour et monte ; si la température est élevée, ce courant ascendant arrive quelquefois jusqu'à la hauteur des cirrus supérieurs, qui sont alors transformés en petits cumuli, connus en Allemagne sous les noms de *Schäfchen*, *Lämmer-Gewölk* dans le S. de l'Allemagne, *moutons* en France, *fleecy clouds* en Angleterre, et que les Romains appelaient *vellera lanæ*. Howard les appelle des « cirro-cumuli. » Dans le S. de l'Europe on dit qu'ils annoncent de la pluie ; dans le N. de l'Allemagne, il n'en est pas ainsi d'après mes observations.

Quand l'atmosphère est chaude et sèche, les contours des objets éloignés sont enbrumés et difficilement visibles à cause de la poussière que l'air tient en suspension, et le soleil paraît rougeâtre. Si les vents d'E. ou du N. ont soufflé pendant longtemps dans l'été, avec un temps très-sec, et si un vent humide s'établit, sa vapeur aqueuse se condense enfin dans la poussière qui est dans l'air qui devient ainsi lourd et descend sur la terre. Dans ces circonstances l'air devient très-clair, les montagnes semblent très-rapprochées et on entend très-distinctement le bruit des chutes d'eau. Ce sont, dit-on, des signes certains de pluie.

Règle générale, la pluie vient du côté Ouest ; de sorte qu'un soleil couchant clair est une preuve que la pluie ne viendra pas de ce côté de quelque temps. Aussi on dit qu'un beau coucher du soleil est un signe de beau temps.

Le soir, lorsque l'air cesse de monter, les nuages descendent et ils sont dissous par la chaleur des couches inférieures. On ne peut rien en conclure pour le jour suivant. Il y a un vieux proverbe français qui dit :

Temps, qui se fait beau la nuit,
Dure peu quand le jour luit.

Si l'atmosphère est très-humide, il ne peut pas y avoir d'évaporation ; c'est ce qui produit sur nous la sensation que nous

appelons chaleur étouffante (*drückende Luft*). L'action directe du soleil est alors beaucoup plus sensible et nous disons que le soleil est brûlant.

Si, en hiver, le vent de S. s'établit tout d'un coup dans les couches supérieures de l'atmosphère, la pluie tombe alors à ce niveau et de petits glaçons transparents, c'est-à-dire de la pluie glacée quand elle tombe, arrivent jusqu'au sol. Nous disons alors que le givre (*Glatteis*) tombe, parce que la pluie se forme aussitôt en glaçons sur le sol et le gèle. Il est probable dans ce cas qu'il soufflera une tempête de S. O. avec une grande baisse du baromètre.

S'il pleut en hiver avec le vent d'O. et si le baromètre monte en même temps, la pluie se change en neige; s'il neige avec le vent d'E. et le baromètre baissant, la neige se change en pluie.

Au printemps, si le vent passe au N. par l'O., le temps s'éclaircit tout à coup, et il y aura de la gelée pendant la nuit lors même que le thermomètre, placé à une petite hauteur au-dessus du sol, ne baisse pas au-dessous de zéro.

Des orages violents qui soufflent avec un vent d'E. tandis que le baromètre baisse ne refroidissent pas l'atmosphère. Nous disons que le temps est toujours étouffant et il y aura un autre orage. L'air ne devient plus froid que lorsqu'un orage accompagné de tonnerre vient de l'O. et que le baromètre commence à monter.

Si plusieurs orages accompagnés de tonnerre soufflent successivement de l'O., chaque orage est ordinairement plus Nord que celui qui l'a précédé.

Pendant les orages avec tonnerre venant de l'O., le courant inférieur est ordinairement plus Nord que le courant supérieur; conséquemment, les nuages orageux (*cirro-strati*) courent plus ou moins à angles droits avec les bandes des *cirrus* qui sont en dessus.

Plus la différence de température entre les deux courants qui se déplacent l'un l'autre est grande, et conséquemment plus le contraste entre leurs directions est grande, plus ils sont susceptibles de produire un nuage électrique. Les vents s'arrêtent mutuellement et produisent le calme avant que la tem-

pête souffle. Le vent froid fait alors irruption, et c'est une erreur de dire que l'orage a fait changer le vent.

Les orages d'hiver en Norvège sont des tempêtes de l'O. dans lesquelles le courant inférieur a changé brusquement au Nord. Le baromètre monte et le froid arrive. Ils sont précédés par un dégel, un temps doux, de fortes pluies et des vents de S.

Les orages d'hiver, qui sont rares en Allemagne, ont le même caractère. Il existe cependant un autre type de ces tempêtes. Elles éclatent quand le courant équatorial s'établit avec une grande violence. Dans ce cas le tonnerre et les éclairs sont souvent si effrayants que nous disons que le ciel va éclater (*der Himmel öffnet sich*). Ces tempêtes sont suivies d'un vent de printemps.

L'époque où les orages sont le plus communs est déterminée par le commencement de la saison pluvieuse. Ils sont plus fréquents au milieu de l'été dans la zone torride; au milieu de l'hiver dans la région des pluies sous-tropicales à la limite extérieure de cette zone; au printemps et en automne dans le S. de l'Europe; et au milieu de l'été dans la partie qui est au N. des Alpes, à l'exception de la Norvège. Ils sont en somme rares dans la zone froide, mais cependant on en ressent là dans les hautes latitudes. Enfin ils éclatent dans les contrées volcaniques comme résultats secondaires du courant qui monte rapidement au-dessus d'un volcan en éruption, et à des époques auxquelles on ne les a jamais observés, sauf dans ces circonstances.

Si le mauvais temps dure longtemps, la girouette oscille entre le S. O. et l'O., et le baromètre a de faibles oscillations. C'est là le vrai courant équatorial.

Les orages du printemps sont à un niveau bas et ne durent pas longtemps; ils sont suivis ordinairement d'un retour de temps froid. Ils sont quelquefois accompagnés de grêle ou de neige, et ils font souvent des dommages considérables par l'électricité qui les accompagne. Les nuages balle de laine inférieurs marchent avec le vent d'O. N. O., les cirrus supérieurs avec le vent de S. S. O.

Si le baromètre monte très-rapidement, cela n'indique pas

que les courants du N. et du S. s'entre-choquent latéralement, mais qu'ils se sont rencontrés et arrêtés mutuellement. Il en résultera sûrement une tempête très-violente; et si le baromètre baisse aussi rapidement qu'il a monté, cela prouve que le courant du S. a prévalu, et que le danger est conséquemment très-prochain. Dans ce cas, les mots « très-sec » qui sont écrits à ce niveau sur le baromètre sont totalement faux.

Si en hiver un vent froid et un vent chaud se rencontrent, et si le courant du S. n'a pas assez de force pour vaincre la résistance du courant polaire qui l'arrête, le baromètre monte à une grande hauteur sur la ligne de contact et il se forme dans cet endroit un brouillard épais. Souvent ce nuage disparaît subitement et reparait de nouveau, selon que le courant équatorial cède un peu, et que le lieu de l'observation sort de la ligne de contact pour entrer dans le vrai courant du N. et *vice versa*. Si un froid intense s'établit après un pareil nuage, cela prouve que le courant polaire a enfin prévalu.

Si dans une station quelconque le baromètre oscille violemment et que l'air reste en repos dans cette même station, la perturbation peut exister dans une direction latérale. Quelquefois en hiver, le courant équatorial domine sur un grand espace, et le baromètre est bas, le temps agréablement doux. Dans ce cas il y a un hiver très-dur et le baromètre est élevé quelque part dans les environs. Il est possible que cet air froid pénètre sous forme de tempête, dans l'air chaud et raréfié qui est dans son voisinage, et fasse monter rapidement le baromètre.

Si, étant sur l'océan Atlantique, le vent tourne contre le soleil, soit du N.E. au N.O. par le N., et si le baromètre baisse rapidement, le navire est probablement dans un cyclone dont le centre est au S.E. et qui marche vers le N.E. Dans ce cas il doit courir au N.O. pour s'éloigner, s'il est possible, du centre du cyclone où le danger est le plus grand. Si le vent tourne du S.E. au S. et au S.O., et si le baromètre baisse, le bâtiment est dans un coup de vent ordinaire ou dans un cyclone dont le centre est au N.O. Dans ce dernier cas il doit mettre le cap au S.E.; ce sera la meilleure route à suivre en général, parce que les coups de vent ordinaires du S. O. augmentent généralement d'intensité dans l'O.

Si le vent continue à souffler coup de vent du S. E., et le baromètre à baisser, il est probable que le navire est exactement sur la route d'un cyclone qui marche du S. O. au N. E. Si le baromètre baisse toujours, le vent restant au même rumb, mais augmentant toujours en force, le centre passera très-près de lui. Si le navire entre dans le centre du cyclone, il éprouvera un calme subit quand le baromètre sera le plus bas. C'est le moment du plus grand danger, parce que l'ouragan recommencera à souffler du rumb directement opposé, soit du N. O. Dans ce cas la girouette donne les tangentes au cyclone. Dans les Indes-Occidentales ces tempêtes marchent du S. E. au N. O., et la girouette marque conséquemment le N. E. avant que le centre ait passé, et le S. O. après. Aussitôt qu'elles atteignent la limite de la zone torride, elles tournent à angle droit et marchent du S. O. au N. E. On ne ressent en Europe le cyclone qu'après que la direction de sa route a changé, et à cause de l'augmentation de son diamètre, sa furie est bien diminuée lorsqu'il arrive jusqu'à nous. Dans ces circonstances une baisse du baromètre indique que le danger augmente, une élévation, qu'il diminue.

Les cyclones d'un plus petit diamètre, connus sous le nom de « trombes, » font quelquefois de grands dommages dans nos forêts ; leur étendue latérale est comparativement petite ; cependant, dans les environs de la route de leur centre, ils ont assez de force pour abattre les arbres, arracher les toits des maisons, et enlever du sol des objets très-lourds¹. Pendant la marche de ces tourbillons de vent, leur axe prend souvent une inclinaison considérable dans le sens de la route qu'ils suivent, à cause de la résistance que le mouvement de l'air éprouve par son frottement sur le sol. Il faut probablement attribuer la plupart des orages avec tonnerres et des orages de grêle que nous éprouvons à cette circonstance. Le grain de grésil, formé

¹ En septembre 1848, j'ai vu les effets d'une trombe semblable dans la forêt de Diesenthal, près de Neustadt-Eberswalde. Elle avait creusé une espèce de longue vallée sur son passage. Au centre les arbres avaient été brisés près du sol ; ils étaient brisés de plus en plus près du sommet à mesure qu'on se rapprochait des bords de la vallée, et quelques-uns étaient tordus ensemble.

d'abord à une grande hauteur dans l'atmosphère, fait plusieurs révolutions dans un tourbillon de vent incliné, et en passant à travers des couches alternativement froides et chaudes, il se couvre d'une enveloppe de glace, avec un noyau semblable à un flocon de neige au centre, et à la fin il devient si lourd qu'il tombe sur la terre. Le bruit caractéristique qui précède un orage de grêle est produit par le mouvement rotatoire des grêlons avant leur chute. Ces orages de grêle et quelques autres orages violents offrent cet aspect remarquable d'une longue colonne et presque horizontale de nuages qui tourne et qui paraît plus ou moins inclinée quand elle se projette sur le ciel. Quelquefois la banquise des nuages noirs se couvre d'une certaine quantité de bandes plus claires de nuages grisâtres qui l'enveloppent comme la chute d'eau enveloppe la falaise sur laquelle elle coule. Les bords du tourbillon de vent semblent favoriser la formation de la grêle, parce que les cercles décrits par les grêlons y sont les plus grands, et qu'ils doivent conséquemment avoir une plus grande différence de température pour passer au travers. Les surfaces sur lesquelles la grêle tombe n'ont jamais une grande largeur ; cependant on en a vu qui étaient larges et divisées en deux par un espace où il avait plu seulement.

On explique ce fait que les limites des espaces où la grêle tombe sont souvent très-clairement tranchées, en admettant que sa formation est due à un tourbillon de vent. Le baromètre n'est pas très-affecté par les tempêtes de grêle ; ce sont des phénomènes locaux qu'il ne peut pas indiquer, puisqu'il mesure la pression totale de l'atmosphère, et que conséquemment il annonce seulement les phénomènes qui se produisent sur une grande échelle.

Les rafales de vent qui accompagnent ces orages sont quelquefois très-dangereuses pour les navires s'ils n'ont pas de ris dans les voiles hautes. En 1850, à Heringsdorf, j'assistai à une tempête de cette nature, dans un jour qui paraissait très-beau du reste. Elle dura très-peu de temps et il n'y eut qu'un coup de tonnerre semblable à un coup de canon. En passant à Rügen, le lendemain, je vis à l'entrée du port de Svinemünde un bâtiment qui avait chaviré par un beau

soleil, et cela si rapidement qu'un des hommes de l'équipage ne put pas être retiré de sa cabine (*sic*).

Les mots écrits sur les baromètres perdent leur vraie signification parce que la différence de température, et conséquemment de densité entre les deux courants, est plus grande en hiver qu'en été. Puisque les oscillations du baromètre sont plus grandes en hiver qu'en été, il est évident que l'échelle barométrique pour l'hiver devrait être au moins le double de celle pour l'été. Il est aisé de voir comment on a trouvé les lettres qui sont sur les baromètres. Pour qu'elles soient exactes, il faudrait que la marque la plus élevée fût vent de N. E. ou mieux « courant polaire, » celle du milieu, vent d'E. ou d'O. ou mieux « transition, » et la marque la plus basse vent de S. O. ou mieux « courant équatorial. » L'air du courant polaire passe d'un climat plus froid dans un climat plus chaud; de sorte que sa capacité pour absorber la vapeur aqueuse augmente; c'est l'effet de cette augmentation qui a été porté sur l'échelle avec les mots « très-sec. » Pendant la transition d'un courant à l'autre, la pluie tombe à cause du mélange de l'air des deux courants; mais en même temps le temps se gâte ou s'embellit par moments, de sorte que ce point est marqué « variable ». A mesure que le courant équatorial avance dans les latitudes élevées et entre en contact avec une surface dont la température diminue continuellement, il décharge la vapeur aqueuse qu'il a absorbée; de sorte que nous avons au point qui lui correspond « grande pluie. » Si le courant équatorial pénètre très-rapidement dans le N., la différence entre la pression exercée par l'air raréfié qui le compose, diminuée encore par la condensation de sa vapeur aqueuse et la valeur moyenne de la pression atmosphérique, est la plus grande, et conséquemment la marque la plus basse du baromètre est « tempête. »

D'après ce que j'ai dit ci-dessus, il est facile de voir que, puisque le baromètre monte avec la pluie au côté Ouest, et baisse avec elle au côté Est du compas, il est impossible de donner pour le temps des règles dans lesquelles on ne tiendrait pas compte de la direction du vent, comme plusieurs personnes l'ont essayé déjà. Quelquefois les phénomènes d'un côté passent dans ceux de l'autre côté, sans qu'il y ait de

changement ou interruption dans la forme de la décharge. Si après un froid intense il commence à neiger, et si la girouette tourne de l'E. au S.E., le baromètre baisse et le froid devient moins intense; cependant il ne monte pas toujours au-dessus de zéro. Dans ce cas, quand le vent tourne au S., la neige ne se change pas en pluie, et si, dans peu de temps, ce vent de S. est déplacé dans sa transition, la neige n'est pas interrompue, mais il y a réellement deux formations distinctes: l'une quand le baromètre baisse en conséquence du déplacement d'un vent plus froid par un vent plus chaud; et l'autre pendant qu'il monte par suite du changement contraire. Cette règle que la seconde formation de neige amène un nouveau froid provient de ce que la neige tombe plus ordinairement avec les vents d'O. qu'avec les vents d'Est. Il est également facile de voir que la neige ne peut jamais tomber quand la température est très-basse, puisqu'elle est la conséquence du contact de deux courants dont la température est différente. Il est très-vrai que la neige tombe quelquefois quand le froid est très-intense; mais dans ce cas, elle ne prend pas la forme de flocons, mais plutôt celle d'aiguilles de glace qui doivent leur origine à une couche de nuages qui appartiennent à un courant plus chaud, et situé à une grande hauteur dans l'atmosphère. Ces aiguilles passant en tombant dans un air très-sec ne peuvent pas augmenter de grosseur, et ne peuvent en conséquence prendre la forme de flocons.

Si les variations du baromètre étaient d'une étendue égale, en été et en hiver, ou, en d'autres termes, si la différence de pression des deux courants était constante, le baromètre serait généralement parlant le plus bas avec la pluie. Ce n'est pas cependant ce qui a lieu, si l'on considère la moyenne annuelle; car la dépression du baromètre au-dessous de son niveau moyen avec les vents de S. est plus grande en hiver qu'en été, tandis que la forme ordinaire de la décharge en hiver est la neige. Pendant le cours d'une seule révolution de la girouette le baromètre est plus bas avec la pluie qu'avec la neige.

Si pendant le printemps, au centre de l'Europe, le baromètre est élevé, et le vent à l'E., nous pouvons compter sur des vents de S. violents et accompagnés de fortes pluies, dans le S.,

soit dans la Méditerranée, puisque le niveau élevé du baromètre est dû à ce que le vent soufflant des hautes latitudes a été arrêté dans sa marche vers le S. par le siroco, qui souffle dans une direction contraire, et qui est le courant supérieur retournant à la surface de la terre à la limite extérieure de l'alizé.

Nous pouvons déduire en outre les faits suivants de la Loi de Giration : Les vents de S. sont plus Ouest dans les latitudes élevées ; les vents de N. sont plus Est dans les basses latitudes ; les seuls vents qui peuvent conserver leur direction invariable sur un grand espace sont les vents droits E. et O. Les rotations de la girouette contre le soleil, qui s'étendent au delà du S. ou de l'E., indiquent des cyclones ; si elles s'étendent seulement du N.O. au S.O., ou de l'E.N.E. au N.N.E., elles sont souvent un simple retour de la girouette à sa position première, indiquant, dans un cas, que le courant équatorial, dans l'autre que le courant polaire continue à souffler.

4. — ZONE TEMPÉRÉE SUD.

La rotation régulière du vent dans cette zone est avec le soleil, ou du S. par l'E. et le N. à l'O. et au S. ; et semblablement dans les cyclones, quand le bâtiment est au côté N. E. de leur route qui se dirige du N. O. au S. E., elle est du N. N. E. par le N., le N. N. O. à l'O. et à l'O. S. O. ; dans les deux cas le baromètre baisse jusqu'à ce que le vent atteigne le N. O., et il monte alors. Mais il y a cette différence que, dans un cyclone, la température ne varie que dans une certaine limite, tandis que lorsqu'il y a une alternance des courants réguliers, elle monte quand le baromètre baisse et *vice versa*. Si le vent tourne de l'O. par le S. O. au S. E., le baromètre monte généralement et le thermomètre baisse. Quand le baromètre est le plus haut et le thermomètre le plus bas, le vent régnant est le S. E., et avec les conditions contraires le vent est N. O., surtout dans la saison froide ; aussi le ciel est clair avec le S. E. et couvert avec le N. O. Si le vent tourne de l'O. par le S. O. au

S. E., le temps s'éclaircit ; s'il tourne du S. E. par le N. E. et le N. au N. O., il se charge et la pluie tombe. Si le vent tourne contre le soleil de l'E. N. E. par le S. E. au S., le bâtiment est probablement au côté S. O. de la route d'un cyclone qui marche du N. O. au S. E. Les règles pour trouver la position du centre et la route à suivre ont été données page 456.

Les seules parties de la terre que nous n'ayons pas examinées sont les zones froides. Les époques des tempêtes dans ces zones paraissent être l'été, et la transition de l'hiver à l'été ; l'hiver lui-même est comparativement parlant une époque de calmes. Dans la mer polaire de l'Amérique, le baromètre est le plus élevé au printemps. D'après les observations de Ross, le niveau constamment bas du baromètre que Krusenstern avait observé le premier au cap Horn paraît s'étendre beaucoup dans la zone antarctique. Cette région de dépression barométrique est beaucoup plus étendue que celle qui est dans le voisinage de l'Islande. L'air froid, qui repose sur les champs de glace, semble arrêter les vents de S. les plus violents, qui conséquemment déposent leur vapeur aqueuse pendant les neiges abondantes qui tombent, tandis qu'ils tentent de se frayer un passage ; il en résulte que les grands champs de glace qui tournent sont entourés d'un mur de neige. Une très-petite quantité de cette neige pénètre dans l'intérieur des champs, tandis que les différents points de leur circonférence entrent successivement dans l'espace où la lutte a lieu (Scoresby). Dans les environs immédiats du pôle, la rotation de la girouette est compliquée, parce que l'influence de la rotation de la terre sur le vent change aussitôt que les tempêtes dépassent le pôle, en raison de ce que la vitesse de rotation de la surface avec laquelle l'air entre en contact, qui allait précédemment en diminuant, commence à augmenter de nouveau. Les brouillards épais provenant de la différence de température entre la mer et l'air très-froid qui gît immédiatement au-dessus, et les brouillards semblables produits par la différence de température entre l'air qui est sur la mer et sur les champs de glace, sont la forme ordinaire que la condensation de l'humidité prend dans ces régions. Cette forme est également assez ordinaire au printemps dans l'océan Atlantique Nord, à cause des masses de glaces qui

dérivent vers le S., et elle est une indication de la proximité des glaçons, surtout devant Terre-Neuve.

Nous avons trop peu de données sur l'océan Pacifique pour que je puisse examiner en détail les différences entre les phénomènes de cette mer et ceux de l'océan Atlantique. La description d'une tempête dans le port de Avarua, île Rarotongā, par Williams¹, montre que les ouragans sont très-violents dans ces mers. Il dit : « Tout le centre de l'île tremblait, pendant que les vagues brisaient sur les côtes. Un navire des missions fut porté dans un marais au milieu d'un bois de grands châtaigniers et à plusieurs centaines de mètres de la plage. La pluie tomba par torrents depuis le matin jusqu'à la nuit. »

Les règles pratiques que nous avons données pourront servir à deux fins. Premièrement, elles indiqueront aux marins les moyens de prévoir le temps qui va régner, en consultant l'aspect du ciel et les indications des instruments météorologiques, surtout le baromètre. Secondement, elles lui montreront quels sont ceux de ces phénomènes qui ne sont encore qu'imparfaitement connus, et qui conséquemment demandent à être étudiés avec une grande exactitude par des observations ultérieures. C'est avec une grande satisfaction que nous voyons des marins tels que Fitzroy, Maury, Van Gogh, Andrau et Jansen signaler aux officiers des navires de guerre et marchands quels sont les points les plus importants à connaître non-seulement pour la science, mais encore pour eux-mêmes. Il existe maintenant des stations centrales comme le Board of Trade, l'Observatoire national de Washington et l'Institut météorologique de Hollande, où tous les documents sont classés et discutés ensemble de manière à former un tout facile à consulter.

Dans mon opinion, les instructions données par ces différentes institutions n'ont pas fait connaître d'une manière suf-

¹ *Narrative of Missionary Enterprises in South Sea Island.*

fisamment claire l'élément strictement météorologique de ces recherches ; et j'ai en conséquence cherché à suppléer à ce défaut dans cet ouvrage.

La théorie que j'ai émise et que j'ai développée dans ce livre et dans mes différents traités depuis 1827 demande les solutions des problèmes suivants :

1. Pourquoi les tempêtes de la zone torride se montrent-elles plus fréquemment dans certaines régions que dans d'autres ?

2. Pourquoi prennent-elles la forme de cyclones ; et pourquoi la rotation d'un cyclone a-t-elle une direction différente dans l'hémisphère Nord et dans l'hémisphère Sud ?

3. Pourquoi les cyclones suivent-ils une route définie en dedans des tropiques, et tournent-ils à angle droit aussitôt qu'ils ont franchi la limite de la zone torride ?

4. Pourquoi le cyclone augmente-t-il en diamètre et diminue-t-il en intensité quand il a changé de route ?

5. Pourquoi la forme des tempêtes des zones tempérées présente-t-elle plus de variétés¹, et pourquoi dans ces régions certaines classes de tempêtes sont-elles plus fréquentes à certaines saisons et dans certaines localités que dans d'autres ?

Pour conclure en terminant, je ferai observer que la théorie que j'ai développée dans les pages précédentes a pour but seulement d'établir les principes dont on peut déduire non-seulement les vents alizés et les moussons, mais aussi les mou-

¹ Nous avons expliqué déjà les cas dans lesquels elles ne sont pas reconnaissables (en partant d'un point de vue local). Voici un exemple important et historique. Macaulay, *History of England*, vol. II, p. 455, dit : « En vérité, le temps a si bien servi la cause des protestants que quelques personnes plus pieuses que sensées, sont convaincues que les lois ordinaires de la nature ont été suspendues pour conserver la liberté et la religion de l'Angleterre. Juste un siècle auparavant (disent-ils), la flotte que les hommes ne pouvaient vaincre a été dispersée par la colère de Dieu ; la liberté des peuples et la vérité divine étaient encore en péril, et les éléments obéissants combattirent pour la bonne cause. Le vent souffla avec violence de l'E. quand le prince voulut entrer en Manche ; il tourna au S. quand il voulut entrer à Torbay, et il fit calme au moment du débarquement ; mais aussitôt que le débarquement fut terminé, le vent souffla en tempête et contraignit les navires qui poursuivaient l'armée. »

vements réguliers de l'atmosphère dans les régions des vents variables, quand elle n'est pas violemment agitée par des tempêtes. D'après l'explication qui en a été donnée, les ouragans tendent à accélérer le mouvement de la terre autour de son axe, tandis que le vent alizé constant tend à le retarder. L'élément compensateur pour la conservation de la rotation de la terre, qui sans cela serait affectée par les grands courants alizés, est fourni par les différents courants venant de l'O.; soit le courant équatorial permanent et conséquemment le courant de l'O. dans la zone tempérée; la mousson du S. O. de l'océan Indien Nord et la mousson du N.O. de l'océan Indien Sud; et enfin les ouragans. Malgré l'action destructive de ces derniers mouvements, il faut encore les regarder, dans le sens général du mot, comme des agents conservateurs de la force vitale du grand organisme de la terre. L'ensemble des phénomènes que nous avons décrits sont autant de preuves, empruntées à la terre elle-même, qui viennent confirmer sur une grande échelle le grand fait que le globe terrestre tourne sur son axe, fait dont la première découverte est due à la science de l'astronomie.

Dans cette seconde édition, j'ai discuté les théories des autres auteurs plus longuement que je ne l'avais fait dans la première. Mon but en agissant ainsi n'a pas été de faire ressortir davantage mes propres théories, mais bien de montrer combien est fausse l'idée que tous les phénomènes atmosphériques peuvent être discutés en partant d'un seul et même point de vue. Une si grande quantité d'agents sont toujours en travail pour troubler l'équilibre de l'atmosphère, comme: le rayonnement dont l'étendue varie d'un jour à l'autre; la variété infinie de la surface de la terre; les courants de l'Océan et les différentes formes sous lesquelles la vapeur aqueuse se présente, que les calmes doivent exciter notre étonnement à un plus haut degré que le vent. L'atmosphère cherche éternellement à reprendre son équilibre sans jamais y parvenir. La nature de la perturbation même et le travail qui se fait pour rétablir l'équilibre présentent dans chaque cas un type distinct; aussi les météorologistes doivent toujours chercher à découvrir la forme typique du phénomène, qui présente dans chaque cas particulier une différence plus ou moins grande avec le type

originel. A vrai dire les types principaux ont été classés en *Wirbelwind* et *stetiger Sturm*, *hurricane* et *gale*, *ouragan* et *tempête* ; mais ces deux formes passent de l'une à l'autre par des gradations si peu sensibles qu'un coup de vent peut devenir un tourbillon de vent à un point de sa route sans qu'il soit un véritable cyclone dans le sens strict du mot.

J'ai surtout voulu montrer aussi clairement que possible combien on était inexcusable de confondre les effets de la Loi de Giration avec ceux des tempêtes tournantes, erreur que plusieurs personnes ont commise et que beaucoup commettent encore.

Quelques physiciens refusent de reconnaître l'existence des cyclones parce que les disciples de la théorie des cyclones ont cru voir une de ces tempêtes partout où la rotation de la terre sur son axe montre son action dans la rotation de la girouette, et ont conséquemment commis des erreurs que leurs adversaires ont relevées promptement. Ceux qui en propageant des erreurs pareilles ferment obstinément leurs oreilles à la nature, quand elle leur parle un langage aussi clair que dans les typhons et dans les ouragans des Indes Occidentales, ignorent que le premier problème que tous les météorologistes doivent chercher à résoudre, c'est d'interpréter son langage, quelque variées que soient les expressions qu'elle emploie.

SBN 008101



INDEX.

A		PAGES.	
	PAGES.		PAGES.
Afrique (Vents sur la côte d').	58, 64	Anémométriques (Tables) à Mel-	
Air sec (Variation annuelle de la		bourne...	111
pression de l') en Asie.	51	— Région des	
— (Loi de la variation de la		moussons...	45
pression de l').....	135	— Région des vents	
Alizé (Déviation latérale du vent).		alizés....	22, 32
17, 39,	64	Aqueuse (Variation annuelle de	
— (Direction du vent, à la li-		la tension de la vapeur)	
mite de l').	25	en Asie.....	49
— (Déplacement annuel en la-		— (Loi de la variation de	
titude).....	16, 39	la tension de la vapeur).	134
— (Effet de l'Australie sur l')..	67	Aristote : Note sur les vents.	40, 71
— (— du Brésil sur l').....	68	— Loi de giration.....	81
— (Étendue et direction de l')		Arrian : Des moussons.....	40
dans l'Atlantique ...	21 à 26	Arys (Table barométrique à)..	120
— (Étendue et direction de l')		— — manuelle.....	129
dans le Pacifique.	19, 27,	Asie (Courbes de raréfaction en).	59
— (Étendue et direction de l')	29	— (Étendue de la raréfaction en)	60
dans la mer Caribéenne.		Atmosphère (Pression de l'). —	
— (Origine des).....	14	Voir <i>Baromètre</i> .	
— (Retour de l') dans la zone		— (Mouvements de l').	257
torride.....	53	— — Théorie de	
— (Table de la pression atmo-		Maury..	259
sphérique dans l') ..	59, 185	Atmosphériques (Ondes).....	255
Amérique Sud (Vents de côte		Australie (Effets sur les vents	
de l')	63, 66	alizés).....	68
Anémométriques (Tables), hémis-			
sphère Nord. 96 à	101	B	
— à l'O. de l'Irlande.	96	Bacon : Note sur la Loi de Gira-	
		ration.....	82

	PAGES.		PAGES.
Ballot Boys : Loi de <u>Giration</u> <u>89</u>	<u>92</u>	Burmeister : Note sur la loi de Gi-	
Barbades (Description d'un oura-		ration.....	<u>112</u>
gan aux).....	<u>175</u>	Busch (Léopold de) : Des alizés	
Baromètre (Hansse) peut précéder	<u>199</u>	de retour.....	35
une tempête.....	<u>291</u>		
— (Variation annuelle du)		C	
Asie Centrale.....	59	Capper : Des moussons.....	<u>45</u> , <u>68</u>
— (Variation annuelle du)		— Des typhons.....	<u>178</u>
Afrique Nord.....	<u>60</u>	Carlsruhe (Résultats anémométri-	
— (Variation annuelle du),		ques à).....	90
hémisphère Sud....	67	Cendres tombées dans la zone des	
— (Variation annuelle du),		alizés.....	<u>54</u> , <u>181</u>
région des vents alizés.	<u>59</u>	<u>Cendres tombées de Coseguina</u> <u>54</u> ,	<u>181</u>
— (Lois de variation du),		Centripètes (Théorie des tem-	
hémisphère Nord..	119	pètes).....	158
— (Lois de variation du),		Changement de direction de la gi-	
hémisphère Sud... 151		ronette (Causes du).....	2
— Baisse dans les cy-		Chiawick (Table barométrique	
clones du)....	<u>156</u> , <u>187</u>	pour).....	190
— (Hauteur du), dans la		— (Table barométrique	
région des vents alizés	<u>183</u>	mensuelle pour)....	<u>129</u>
— (Baisse du), avant un		— (Table thermométrique	
ouragan. <u>156</u> , <u>162</u> ,		pour).....	132
<u>187</u> , <u>212</u> ,	<u>280</u>	Churruca (Don Cosme): Note sur	
Barométrique (Rose des vents),		la loi de giration.....	104
hémisphère Sud.....	<u>280</u>	Coffin : Table anémométrique... 22	
Berlin (Résultats anémométriques		Conclusions générales sur les	
à).....	<u>91</u>	tempêtes.....	<u>261</u> à <u>270</u>
Bermudes (Résultats anémométriques		Coseguina (Cendres tombées de).	
aux).....	<u>101</u>		<u>54</u> , <u>181</u>
Bœuf (Œil de), dans les tem-		Courants supérieur, inférieur	
pêtes.....	<u>197</u>	(Coexistence des)....	<u>149</u> , <u>180</u> , <u>260</u>
Bombay (Résultats anémométriques		Cyclones — Voir <u>Ouragans</u> , <u>Ty-</u>	
à).....	<u>102</u>	<u>phons</u> .	
Bourgeois : De la loi de giration.	<u>112</u>	— (Calme au centre des).	
Brandes : Théorie centripète des			<u>156</u> , <u>191</u> , <u>196</u>
tempêtes.....	<u>158</u>	— (Règle pour trouver le	
Brésil (son effet sur les vents alizés)	<u>68</u>	centre des).....	209
Brises de terre (Origine <u>des</u>) <u>64</u> ,	<u>263</u>	— dans la zone tempé-	
Bruxelles (Résultats anémométriques		rée.....	<u>205</u> , <u>210</u>
à).....	<u>92</u>	— (Effet des).....	156

	PAGES.
Cyclones (Fréquence des), tables.	
— 177, 178, 279	
— (Manœuvre du navire dans un).....	273
— (Origine des).....177, 181,	251
— — mécanique.	179
— (Route des) dans la région des moussons..	181
— (Route des) dans la zone des alizés.	181, 187
— stationnaires, en apparence.	178

D

Dampier : Notice sur les vents de côte.....	47, 65, 66
— Symptôme des typhons.	189
Danzig (Table barométrique pour).	120
— (Table barométrique mensuelle pour).....	120
D'Après : Limite de la zone des alizés	47
Dérive du navire, modifie sa position dans un cyclone.....	278
Dorpat (Table barométrique à) ..	122
Drake : Notice sur la loi de giration	88
Drury (Byron) : Notice sur la loi de giration	111
Duden : Notice sur la loi de giration	87
D'Urville (Dumont-) : Notice sur la loi de giration....	108

E

Eisenlohr : Des rotations.....	93
Ensmann : Des rotations.....	91
Espy : Théorie des cyclones.....	170

DOVE.

F

Fendler : Alizés de retour.....	33
Fleuriot de Langle : Notice sur la loi de giration.....	112
Follet Osler : Des rotations.....	95
Forster : Notice sur la loi de giration.....	104

G

Galle : Table barométrique, hémisphère Sud.....	131
Le Gentil : Notice sur la loi de giration	104
Giration (Loi de).....9, 81,	103
— (Preuve de la), hémisphère Nord ... 81 à	102
— (Preuve de la), hémisphère Sud....	103 à 112
— Liste des autorités.....	115
Glass : Vents de côte de l'Afrique.	56 64
Gnadenfeld (Résultats anémométriques à).....	92
Gogh (Van) : Notice sur la loi de giration.....	111
Goldingham : Des moussons.....	43
Greenwich (Résultats anémométriques à).....	96
Gréle (Théorie de la formation de la).....	295
Guericke (Otto de) : Notice sur la coïncidence entre la baisse du baromètre et les tempêtes....	155

H

Hadley : Des alizés de retour..	1, 35
Hall (Basil) : Des vents alizés.	18, 35
— Notice sur la loi de giration	108

20

	PAGES.		PAGES.
Halle (Tables barométriques pour).....	120	Instruments météorologiques. —	
— (Tension de la vapeur aqueuse à).....	134	Dessins représentant les lois des oscillations.....	117
— (Tension de l'air sec à), Table.....	135		
— (Table thermométrique pour).....	132	J	
Halley : Des moussons.....	40	Janaen : Des moussons.....	43
— Des vents alizés de retour.....	55	— Du baromètre dans l'hémisphère Sud.....	131
Hawaii (Alizés de retour à).....	58		
Hémisphère Nord (Raréfaction dans l')...	60	K	
— Sud (Raréfaction dans l')...	67	Kane : Notice sur la loi de giration.....	88
Heywood : Notice sur la loi de giration.....	108	Kant : Notice sur la loi de giration.....	83
Hildreth : Notice sur la loi de giration.....	86	Kerhallet : Des vents alizés.....	19
Hofmeister : Des rotations.....	92	Kharkov (Résultats anémométriques à).....	99
Horner : Notice sur la loi de giration.....	111	King et Fitzroy : Notice sur la loi de giration.....	106
Horsburgh : Des vents de côte ..	66	Kölbing : Des rotations.....	92
— Des vents alizés.....	18		
— Notice sur la loi de giration.....	105	L	
— Des moussons.....	43	Lapshine : Des rotations.....	99
Howard : Déplacement des courants.....	77	Lampadius : Notice sur la loi de giration.....	84
Humboldt : Vents alizés de retour.....	56	Lartigue : Observations sur les vents.....142 à	148
Humidité (Condensation de l'), effet sur les instruments météorologiques.....	156	Leibhardt : Notice sur la loi de giration.....	110
		Lenzbourg (Résultats anémométriques à).....	92
I		Liverpool (Résultats anémométriques à).....	96
Instruments météorologiques 114 à	133	Loi de giration.....	9, 81, 103
— Lois des oscillations. 117, 119, 131, 132, 134		Londres (Table barométrique à). — (Tension de la vapeur aqueuse à).....	134
		— (Tension de l'air sec à), table.....	135

	PAGES.
Luz : Observations à Gunzenhausen.....	126

M

Maconet (Dupuis de) : Notice sur la loi de giration....	88
Madrid (Résultats anémométriques à).....	100
Mariotte : Notice sur la loi de giration.....	82
Maury : Table des vents alizés, océan Atlantique. 21, 23	
— Tables des vents alizés, océan Pacifique.. 26,	29
— Théorie des mouvements généraux de l'atmosphère.....	259
Maxima et minima météorologiques, leur simultanéité dans certaines régions.....	163
Melbourne (Résultats anémométriques à).....	111
Mer (Observations faites à la)....	159
— (Brise de), cause..... 64,	265
Météorologiques (Tables, hémisphère Nord..	49
— (Tables), hémisphère Sud...	254
Moussons (Causes des)..... 47,	62
— (Durée et changements des).....	44
— Indes Orientales.....	41
— Ouest de la ligne en Guinée.....	62
— Ouest dans l'océan Pacifique.....	63
— (Premières notions des)....	40
— (Région des), table des vents	45

N

	PAGES.
Navire, effet de la marche du navire sur les observations à la loi de giration. 140,	141
— (Manœuvre du) dans les cyclones.....	273
Norte : Golfe du Mexique.....	269

O

OEil de bœuf dans la tempête....	197
Ogdensbourg . Tables météorologiques.....	124
Ondes atmosphériques	255
— de mer, leurs oscillations dans les tempêtes	256
Ouragans. — Voir <i>Cyclones, Typhons</i> .	
— Leur marche dans les Indes Occidentales..	173, 175, 181, 267
— Barbades, en 1851. 173	199
— Lyon, en 1846.....	211
— Saint-Thomas, en 1857.	191
— Le grand ouragan de 1780.....	205
Oxford (Résultats anémométriques à) ..	99

P

Paludan : Alizés de retour.....	53
Paris (Table barométrique pour)..	120
— Table barométrique mensuelle.....	128
— (Table thermométrique pour)	132
Piddington : Sur l'origine mécanique des cyclones.....	170
Plin : Notice sur la loi de giration.....	81

	PAGES.		PAGES.
Poey : Table des ouragans.....	177	Swinden (Van) : Observations <u>météorologiques</u>	126, 138
Poitevin : Notice sur la loi de giration.....	82		
Pression. — Voir <i>Air sec, Baro- mètre, Vapeur aqueuse</i> , etc..	178		
		T	
R		Température moyenne dans la zone torride.....	16
Raréfaction en Asie.....	59, 60	Tempête (Œil de la).....	263
— dans la Méditerranée.....	60	— en janvier 1818.....	236
— dans l'hémisphère Sud.....	67	— en décembre 1821....	162
Redfield et Reid : Théorie des cyclones.....	171	— en février 1825.....	239
Règles pratiques, zone froide...	297	— en janvier 1830.....	214
— Régions des moussons...	282	— en décembre 1830....	224
— Région des vents alizés..	271	— en janvier 1835.....	247
— Zone tempérée Nord.....	255	— dans l'hiver de 1835-6..	225
— Zone tempérée Sud.....	296	— Dublin, février 1861..	242
Romme : Notice sur la loi de gi- ration.....	85	Tempêtes provenant du conflit des courants.....	215
Rotations directes et rétrogrades (Définition des).....	13, 89	— provenant du mélange latéral des courants.	245
Rotatoire (Théorie) des tempêtes, Voyez <i>Cyclones</i> , etc.		— ayant un mouvement rétrograde apparent.	198
		— tournantes. — Voir <i>Cy- clones</i> .	
S		— (Théorie de l'origine des).....	250
Schubler : Notice sur la loi de gi- ration.....	87	— (Thermomètre indique quelquefois les). 208.	214
Scoreby : Baromètre dans les tempêtes.....	156	Temps (Signes du), zone tempé- rée.....	288
Seller : Limites des vents alizés.	17	Ténériffe, alizés de retour... 56,	185
Sibérie (Notice sur la loi de gi- ration en).....	87	Terre (Origine des brises de)...	2
Smith Piazzi : Des vents alizés de retour.....	58	— (Rotation de), effet sur le vent.....	3, 75, 261
Soleil (Rotation avec, contre), définie.....	12	— (Tremblements de), indé- pendants du baromètre.	138
Strelecki : Notice sur la loi de giration.....	110	Théophraste : Notice sur la loi de giration.....	81
Sturm : Loi de giration....	82	Thermomètre (Loi des variations du).....	132 à 134

